



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en I.E 16468  
Caserío Campana San Ignacio, Cajamarca**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Br. Elvis Grover Moreto La Torre (ORCID: 0000-0002-9015-5705)

**ASESOR:**

Mg. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**CHICLAYO – PERÚ**

2019

## **Dedicatoria**

“Esta tesis va dedicado a Dios, papá y mamá que siempre estuvieron otorgándome valores de superioridad como estudiante, gracias a ellos hoy puedo ver alcanzada mi meta, siempre estuvieron apoyándome en las adversidades que tuve en mi carrera, el amor incondicional de ellos hacia mí fue lo que me motivo seguir adelante hasta el final, hermanos. Gracias por haberme impulsado en mi persona el progreso y anhelo de triunfo en la vida. Estas palabras no bastarían para agradecer su gran apoyo, sus consejos que me brindaron en los momentos más difíciles de mi vida. Ruego a dios que me de vida para darles todo lo que se merecen, por el esfuerzo que me brindaron”.

***El autor.***

## **Agradecimiento**

“A dios por la vida que me da para cumplir mis metas, mis padres, quienes me inspiraron en las diferentes etapas de la vida y que dan todo sin pedir nada a cambio. Por su amor incondicional y ser un ejemplo a seguir en el aspecto personal y profesional, estoy infinitamente agradecido por su esfuerzo, por guiarme en el camino correcto para ser una persona de bien y con valores”.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

0529



ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 17:00 horas del día 28 de junio del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección académica N° 1043-2019/UCV-CH, de fecha 24 de junio de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I.E 16468 CASERIO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA", presentado por el(la) (los) bachiller **Moreto la Torre Elvis Grover**, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Fredy Dávila Hurtado  
Secretario : Ing. James Skinner Celada Padilla  
Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 17:50 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 28 de junio de 2019

Ing. Fredy Dávila Hurtado  
Presidente

Ing. James Skinner Celada Padilla  
Secretario

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio  
Vocal

## Declaratoria de autenticidad

Yo, ELVIS GROVER MORETO LA TORRE,  
estudiante de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la  
Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 46749119 con el trabajo de  
investigación titulada, "DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA  
SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I.E. 16768 CASERIO CAMPANA  
SAN IGNACIO, CAJAMARCA"

### Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de oro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo...15.....de...DICIEMBRE..., 2018

Nombres y apellidos ELVIS GROVER MORETO LA TORRE

DNI 46749119

Firma 

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
PÁGINA DEL JURADO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Trabajos Previos .....	4
1.3. Teorías Relacionadas al Tema .....	7
1.4. Formulación del Problema .....	15
1.5. Justificación del Estudio.....	15
1.6. Hipótesis.....	16
1.7. Objetivos .....	16
II MÉTODO.....	17
2.1. Diseño de Investigación.....	17
2.2. Variables,.....	17
2.3. Población y Muestra.....	19
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad .....	19
2.4. Validez y Confiabilidad .....	19
2.5. Métodos de Análisis de Datos .....	20
2.6. Aspectos Éticos.....	20
III. RESULTADOS.....	21
3.1. Determinar la máxima demanda de energía eléctrica de la I.E 16468.....	21
3.2. Determinar los niveles de radiación solar en la zona de estudio en el que se ubica la I.E 16468.....	26
3.3. Seleccionar los equipos electromecánicos del sistema fotovoltaico que satisfacen la demanda de energía eléctrica .....	46
3.4. Realizar una evaluación económica del proyecto .....	57
IV. DISCUSIÓN.....	61
V. CONCLUSIONES.....	62
VI. RECOMENDACIONES.....	63
VII. REFERENCIAS.....	64
ANEXOS .....	67
Anexo N°01 Guía de Observación .....	67
Anexo N°02 Guía de Observación .....	68
Anexo N°03 Ficha de validación de instrumentos .....	69
Anexo N°04 Equipos Eléctricos .....	73
Anexo N°05 Valor de medida de radiación solar con el solarímetro .....	76
Anexo N°06 Ficha técnica de características eléctricas del panel solar .....	77
Anexo N°07 Estructura básica de aluminio para 20 módulos fv solar.....	78
Anexo N°08 Inversor en red solar con almacenamiento de energía.....	79
Anexo N°09 Solarímetro medidor digital de radiación de energía.....	80
Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis .....	81

Reporte de Turnitin.....	82
Autorización de publicación de tesis repositorio institucional.....	83
Autorización de la versión final del trabajo de investigación .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de coeficiente de electrificación en el Perú.....	2
Figura 2. Componentes de un Sistema Fotovoltaico .....	8
Figura 3. Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaica .....	9
Figura 4. Estructura de una Celda Solar .....	9
Figura 5. Instalación de Inversor de Sistema Fotovoltaico .....	10
Figura 6. Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos .....	11
Figura 7. Diagrama de Carga en la IE 16468 .....	25
Figura 8. Toma de ubicación donde se realizará el proyecto.....	26
Figura 9. Ubicación del Caserío Campana - San Ignacio.....	26
Figura 10. Niveles de Radiación Abril - Junio .....	29
Figura 11. Niveles de Radiación Julio - Septiembre .....	31
Figura 12. Panel Solar Marca: Kyocera de 250W 12V .....	48
Figura 13. Inclinação de Módulos Fotovoltaicos .....	49
Figura 14. Ficha Técnica de Características del Panel Solar.....	51
Figura 15. Controlador de Carga .....	52
Figura 16. Inversor JOMAR 12V .....	53
Figura 17. Batería modelo: S-550 de 554 Ah .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencia Instalada de cargas Eléctricas de la I.E: 16468 .....	21
Tabla 2. Tiempo de funcionamiento de cada consumidor de energía de la I.E 16468 .....	22
Tabla 3. Determinación de consumo de potencia (Watt) .....	23
Tabla 4. Consumo de Energía Eléctrica (Watt-Hora) .....	24
Tabla 5 Mediciones de valores de radiación solar, abril- junio .....	28
Tabla 6. Mediciones de valores de radiación solar, julio- septiembre.....	30
Tabla 7. Medición de niveles de radiación solar .....	33
Tabla 8. Valores de mediciones de radiación solar .....	36
Tabla 9. Variables en regresión lineal.....	39
Tabla 10. Valores para método de los mínimos cuadrados.....	42
Tabla 11. Probabilidad de Ocurrencia de Nivel de Medición.....	46
Tabla 12. Costo de Inversión .....	57
Tabla 14. Cálculo del Valor Actual Neto .....	59
Tabla 15. Cálculo de Tasa Interna de Retorno .....	60



## **Resumen**

El presente proyecto de investigación denominado: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I.E 16468 CASERÍO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA, está enmarcado dentro de las políticas del Ministerio de Energía y Minas, en cuanto al incentivo de energías renovables no convencionales para cubrir la brecha de electrificación rural en el Perú.

El estudio empieza con la determinación de la máxima demanda de energía eléctrica en la IE. 16468, el cual es de 574 Watt, el consumo de energía de 3963 Watt – Hora, con un factor de carga de 0.43, típico del sector rural; el cálculo se determina a partir del registro de consumo horario de los artefactos eléctricos en el interior de la Institución Educativa.

Asimismo, se realiza la medición del potencial de los niveles de radiación solar, para lo cual, con un protocolo de medición, se hizo el registro de las mediciones, utilizando un equipo solarímetro calibrado, tomando mediciones en intervalos de una hora; con dicha información estadística, se determinó el nivel de radiación a utilizar en los paneles fotovoltaicos utilizando el Método Estadístico de Weibull, siendo de 6.63 KW-h/m<sup>2</sup>.

Luego, con los valores de la máxima demanda, energía consumida y con el valor del nivel de radiación solar, se realizan el dimensionamiento de los dispositivos del sistema fotovoltaico, siendo necesarios 4 Módulos de 250 W, voltaje de 12 v; 3 baterías de 554 Amperios Hora, así como el inversor y el controlador de carga.

Finalmente, con los indicadores económicos se determina la viabilidad de la implementación del proyecto, siendo éstos el valor actual neto, la tasa interna de retorno y la relación beneficio costo.

Palabras Claves: Método Estadístico de Weibull, Módulo Fotovoltaico, Radiación Solar.

## **Abstract**

The present research project called: DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM TO SUPPLY ELECTRICAL ENERGY IN IE 16468 CASERÍO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA, is framed within the policies of the Ministry of Energy and Mines, regarding the incentive of non-conventional renewable energies to cover the rural electrification gap in Peru.

The study begins with the determination of the maximum demand for electrical energy in the EI. 16468, which is 574 Watt, the energy consumption of 3963 Watt - Hour, with a load factor of 0.43, typical of the rural sector; the calculation is determined from the hourly consumption record of the electrical devices inside the Educational Institution.

Likewise, the potential of the solar radiation levels is measured, for which a measurement protocol was used to record the measurements, using a calibrated solarimeter equipment, taking hourly interval measurements; with this statistical information, the level of radiation to be used in the photovoltaic panels was determined using the Weibull Statistical Method, being 6.63 KW-h / m<sup>2</sup>.

Then, with the values of the maximum demand, energy consumed and with the value of the solar radiation level, the sizing of the photovoltaic system devices is carried out, being necessary 4 Modules of 250 W, voltage of 12 v; 3 batteries of 554 Amps Hour, as well as the inverter and the charge controller.

Finally, with the economic indicators, the viability of the implementation of the project is determined, these being the net present value, the internal rate of return and the benefit- cost ratio.

**Keywords:** Weibull Statistical Method, Photovoltaic Module, Solar Radiation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

#### **1.1.1. Realidad problemática Internacional.**

De acuerdo al informe publicado el 28 de mayo 2013 por el Global Tracking Framework (Marco de Seguimiento Global) alrededor de 1,2 millones de personas no cuentan con energía eléctrica y 2,8 mil millones necesitan de madera o de otras alternativas de biomasa para cocinar y calentar sus viviendas. La mayoría de las personas que aún no tienen acceso viven en 20 países en desarrollo de Asia y África subsahariana, y el 80% de ellos viven en zonas rurales. (TWENERGY, 2011, p.1)

Aproximadamente, el 85% de esas personas vive en zonas rurales. En países del África occidental, por ejemplo, en las zonas rurales solamente 6 de cada 100 hogares tienen electricidad. Usualmente se abastecen con pequeños generadores diésel, aunque progresivamente cada vez más se emplean paneles solares y otras fuentes renovables. (TWENERGY, 2011, p.2)

Un acceso mejorado a servicios energéticos sostenibles es primordial para el desarrollo humano y la realización de la mayoría de las actividades económicas. - Hogares, escuelas y centros de salud necesitan energía para el alumbrado, las comunicaciones, el abastecimiento de agua, la calefacción y la refrigeración.

Es estremecedor pensar que casi dos millones de niños menores de cinco años de edad mueren cada año producto de la contaminación del aire doméstico debido a la quema de combustibles tradicionales en los hogares, y que mujeres y niños en muchos países pasan horas y horas cada día recogiendo leña para cocinar y calentar sus hogares. Además, en muchas zonas, el uso de leña como combustible ha causado una deforestación de enormes proporciones. (TWENERGY, 2011, p.2)

### 1.1.2. Realidad problemática Nacional.

Los resultados de las redes eléctricas en el año 1993 fueron: A nivel nacional 54.9%, urbano 77% y rural 7.7%. Y 20 años posteriormente se tiene una ampliación del 90% y en el sector rural concluye en 70%. (Ministerio de Energía y Minas, 2017, p.4)

El Estado peruano, en concordancia con el Ministerio de Energía, ha ejecutado durante cinco mandatos una sostenibilidad de electrificación rústico, empleando así sistemas habituales, concluyendo a un importe limite por empalme de 1,500 a 1800 dólares por domicilio. Además, permanecen con dificultad de bajo consumo de electricidad disponible, así como deficiencias de ejecución y sostenimiento de los procedimientos para los proveedores. Tal es así que en los últimos tiempos se ha tratado de proponer variedades, empleando diversas tecnologías aplicables a esa realidad. Quedando también un marco inspirador de la generación distribuida. (AMARAY, 2014, p.11).

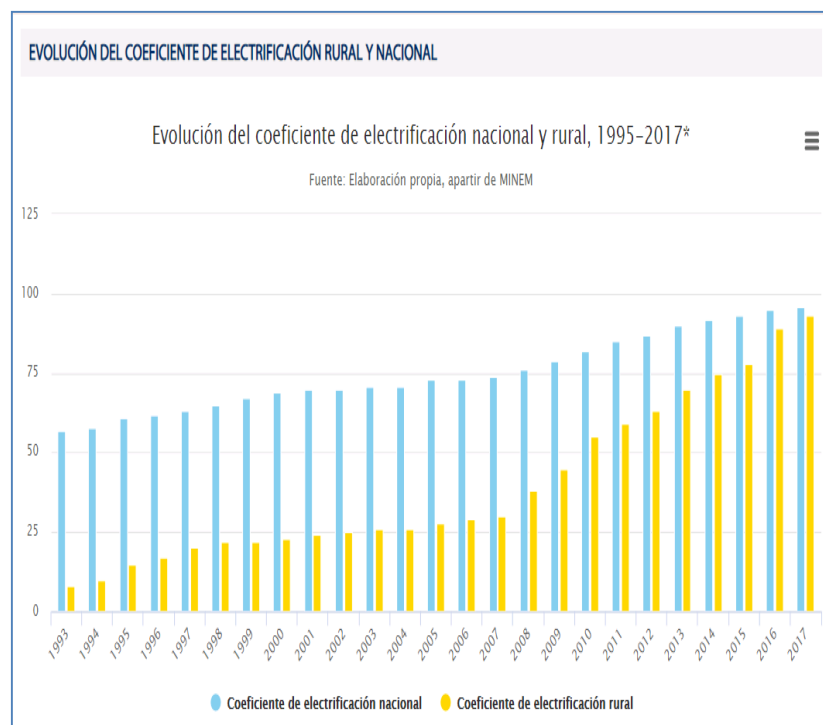


Figura 1. Evolución de coeficiente de electrificación en el Perú

### **1.1.3. Realidad problemática Local.**

Actualmente, en la Institución Educativa IE 16468 del Caserío Campana, Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca, el suministro eléctrico es limitado, es decir no se cuenta con un servicio continuo, y eso se debe a que la energía de donde proviene es de un grupo electrógeno ubicado en un caserío aledaño, a pesar de que se realiza la cancelación oportuna del servicio eléctrico.

La IE. 16468 tiene un laboratorio de cómputo con 20 mini laptops, que han sido donados por el Ministerio de Educación para las prácticas de los estudiantes de los niveles de Primaria, sin embargo, se tiene que suspender las actividades, por el corte del servicio eléctrico que se produce de manera intempestiva, que ocasiona en algunos casos, pérdida de horas de práctica de los estudiantes.

La Institución Educativa, tiene planes de expansión, tanto en su infraestructura como en actividades productivas que requieren de energía eléctrica para su operatividad, lo cual no se podría realizar de manera continua, por cortes constantes del servicio eléctrico.

### **1.2.2. Trabajos Previos.**

**CORNEJO, Luis (2014, p.15), la "Evaluación Técnica y Económica para la Generación de Energía Eléctrica Híbrido Eólica – Solar para la Comunidad de San Luis en el Distrito de Pimentel, Región Lambayeque, Universidad César Vallejo".**

La relevancia del presente proyecto consiste en ver el nivel de recursos, utilización y uso del sistema híbrido eólico-solar para la generación eléctrica en la sociedad de San Luis distrito Pimentel. La deficiencia de energía habitual a una población rural dispersa, ubicadas en diferentes puntos, es considerada hasta la fecha difícil y en algunos casos imposible de electrificar. Como resultado cuanto más pequeña, dispersa y pobre sea la comunidad, mayores serán las dificultades de poder ser consideradas dentro del marco de proyectos de ampliación de energía eléctrica.

El presente proyecto de generación eléctrica híbrido eólico - solar se entiende como una opción de satisfacción a la ausencia de energía eléctrica en la sociedad de San Luis – distrito de Pimentel. Con dicho proyecto se pretende motivar a las sociedades o centros poblados más retirados y pobres de nuestro país a emplear este procedimiento híbrido eólico - solar de generación eléctrica.

Esta investigación es relevante porque se busca la evaluación técnica y económica a la generación eléctrica híbrido eólico-solar como opción de solucionar la falta de electrificación en la comunidad de San Luis Distrito de Pimentel, esta investigación demostrara a los centros poblados o comunidades más retiradas y pobres a empelar este procedimiento híbrido eólico solar de generación eléctrica.

**FLORES, Josué (2014, p.5) Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico para casa habitación con tarifa DAC Universidad Nacional Autónoma de México.**

Para evaluar un procedimiento híbrido referenciado en generadores fotovoltaicos y eólicos con acumulación de carga por medio de baterías, es necesario reconocer todas las composiciones posibles que ofrecen un determinado grado de satisfacción o

fiabilidad, la perfecta alternativa se obtiene al estimar el importe económico de cada una de las posibilidades para un mismo grado de fiabilidad.

La finalidad perfecta sería adquirir un conglomerado de ecuaciones que ligen los datos meteorológicos (velocidad de viento y radiación solar) de un requerimiento con el tamaño de cada uno de los componentes de la estructura (generador eólico, fotovoltaico y baterías).

Los requerimientos climáticos indican la configuración adecuada para una determinada situación. Dicha determinación que presenta la energía eólica y solar en los diferentes lugares según las estaciones, presenta importantes ventajas. Para ello, los procedimientos híbridos generan fiabilidad con respecto a las estructuras con una fuente de energía sin ser necesario de un sobredimensionamiento de los convertidores o las baterías. Entre las superioridades de combinar ambas energías para generar electricidad es que es posible minimizar el valor general de la instalación. (el viento y el Sol).

El sistema de representación provisional del procedimiento, para una determinada configuración, que va variando hasta satisfacer el grado de fiabilidad que se exige al sistema, permite reconocer instantáneamente las posibles configuraciones, se puede incrementar la fiabilidad del procedimiento teniendo en consideración que ambas fuentes de energía pueden estar en correlación inversa.

Se ejecutará el estudio de una instalación energética con sistema autónomo híbrido eólico-fotovoltaico.

Para obtener el sistema energético, en particular la proporcionalidad entre la potencia eólica y la potencia fotovoltaica, se expondrán las múltiples soluciones que presenta la distribución por tipo de fuente.

Para efectuar el estudio económico, basado en el valor de la energía (\$/kWh) se establece como base de igualdad en la calidad del servicio eléctrico, para hacer justas

las comparaciones. Se presentará la conclusión de un caso particular y se ilustrarán las características y compromisos en la influencia de diferentes factores.

Esta investigación es relevante porque analiza la conexión energética con procedimiento autónomo híbrido eólico-fotovoltaico que permitirá una mejor calidad del servicio eléctrico, es un sistema híbrido centrado en generadores fotovoltaicos con almacenamiento por fuentes de carga dando como resultado un buen costo económico.

**SÁNCHEZ Dionisio (2015, p. 107.) “Propuesta de un Sistema de Generación Híbrido (Solar-Eólico) Interconectado a la Red, en el Conejo, Veracruz” Universidad Veracruzana.**

Llegó a las siguientes conclusiones: En el capítulo I se definió que es la generación distribuida, los antecedentes, tipos, características y funcionamiento de los aerogeneradores y paneles solares fotovoltaicos. En el capítulo II se determinó el porcentaje de energía teórica que debería aportar cada sistema, con lo cual se observa que la mezcla óptima es que el sistema solar fotovoltaico aporte el 60 por ciento y el sistema eólico el 40 por ciento y se determinó el comportamiento mensual teórico de acuerdo a las horas solares pico y la velocidad del viento respectivamente.

En el capítulo III se determinó el conjunto solar fotovoltaico y el aerogenerador que podrían integrar el sistema híbrido óptimo, lo que se observó que los sistemas que cumplen con los requerimientos son el aerogenerador Skystream Mod. 3.7 y 12 paneles solares fotovoltaicos Kyocera de 135 watts.

En el capítulo IV se realizó un análisis financiero para determinar la factibilidad de la posible instalación del “sistema híbrido”, analizando mediante el método del valor presente neto y tiempo de recuperación de la inversión para el sistema seleccionado.

Esta investigación es relevante porque se analiza si es factible y financiero a una posible instalación del sistema híbrido, valor neto y tiempo de recuperación de inversión para este sistema, se toma en cuenta porcentajes del sistema fotovoltaico y eólico para determinar horas solares y la velocidad del viento.



### **1.3. Teorías relacionadas al tema. Sistemas fotovoltaicos.**

#### **1.3.1 Consumo de energía eléctrica**

El gasto de energía eléctrica doméstica, está en función a potencia instalada en cada vivienda, las horas de funcionamiento, el factor de carga. (Castillo, 2013, p.32).

La energía es la relación de la potencia por el tiempo, pero se refiere a la potencia instantánea, sin embargo, lo que se tiene en una vivienda es la potencia instalada de todos los equipos eléctricos.

Es decir:

$$Ec = PI * FC * T$$

Dónde:

EC: Energía consumida.

PI: Potencia Instalada.

T: Horas de funcionamiento.

El factor de carga, mide la eficiencia del consumo de los equipos eléctricos durante un día, y será de valor cercano a uno, si el consumo es casi constante durante las 24 horas del día, y será cercano a cero, si el consumo de energía ocurre en pocos periodos de tiempo durante un día.

#### **Energía solar.**

La energía fotovoltaica es una fuente de energía que se obtiene del sol y para que dicha energía se pueda obtener se efectúa mediante paneles solares que la unidad fundamental

es la célula solar, estos sistemas fotovoltaicos están conformados por paneles solares o módulos fotovoltaicos, el sistema de electrónico de potencia y el convertidor o inversor DC/AC, que son las siglas de Corriente directa o continua/corriente alterna. (Sánchez, 2011, p. 47)

Es la energía radiante producida en el Sol, como producto de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. Sin la presencia del sol no existiría vida en la tierra. El planeta sería demasiado frío, no crecerían las plantas ni habría vida alguna, exceptuando por algunas bacterias. Todos nuestros recursos

energéticos provienen indirectamente del sol. Los combustibles fósiles son plantas y árboles muy antiguos, que crecieron gracias a la luz solar y han sido comprimidos durante millones de años. (Sánchez, 2011, p. 49)

### El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se produce cuando el elemento de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) extrae parte de los fotones del sol. El fotón extraído libera a un electrón que se sitúan en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están unidos por un conductor eléctrico, generándose una corriente. La eficiencia de las celdas solares es determinante para minimizar los valores de los sistemas fotovoltaicos, ya que su producción es la más valorizada en todo el sistema. (Flores, 2008, p.7)

#### 1.3.2. Elementos de un sistema fotovoltaico

En general, los elementos que se pueden encontrarse en una estructura fotovoltaico son: paneles, inversores, baterías, reguladores, convertidores, así como componentes típicos de una instalación eléctrica, conductores, protecciones, (interruptores, fusibles), tableros entre otros etcéteras. Los elementos principales del sistema, son los paneles fotovoltaicos, Inversores, Reguladores de carga y Baterías. (Flores, 2008, p.10).



Figura 2. Componentes de un Sistema Fotovoltaico

**Paneles fotovoltaicos:** Los generadores fotovoltaicos (conjunto de placas fotovoltaicas) captan la radiación solar y la transforman en energía eléctrica. El conjunto será agrupado en tensiones de corriente continua a 12v, 24v o 48v en función de la dimensión de la instalación. Se pueden instalar en cualquier superficie libre de sombra y tienen una vida estimada de 40 años. (Cornejo, 2010, p.4).

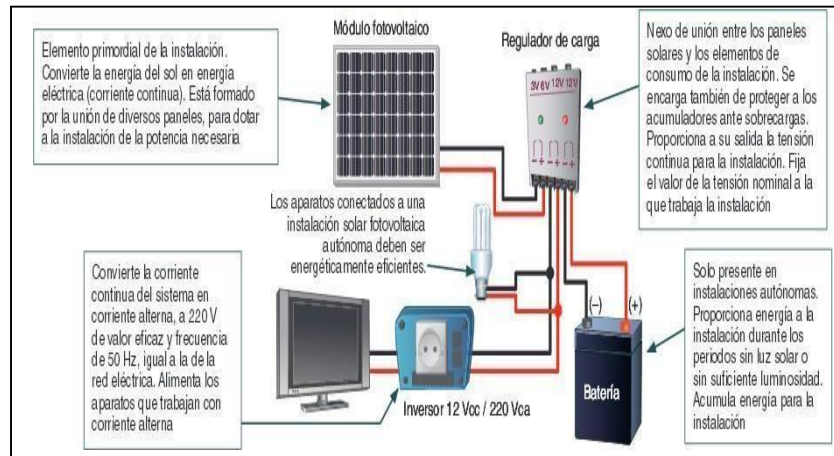


Figura 3. Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaica

### Celdas solares

“Las celdas solares son estructuradas a base de componentes que transforman directamente la luz solar en electricidad. Hoy en día, la mayor parte de celdas solares utilizadas a nivel comercial son de silicio (símbolo químico: Si)” (Henríquez, 2013,p.7).

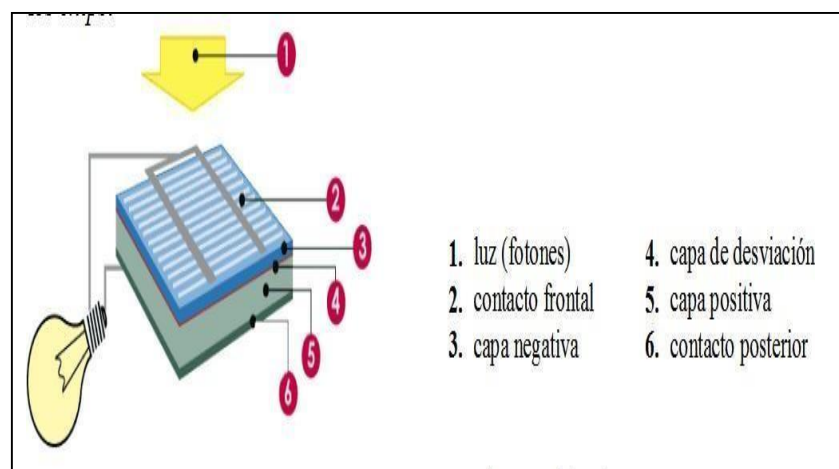


Figura 4. Estructura de una Celda Solar

**Inversores:** Es una parte fundamental del sistema, donde se transforma la energía eléctrica en función de la demanda y la producción. Transforma la corriente continua del acumulador en corriente alterna a 230v 50Hz. suministra la energía necesaria en el momento necesitado. Dentro del sistema requiere de fuentes externas, por exceso de demanda o por protección del acumulador, gestionando la acumulación de la fuente de poder y funcionando. (Cornejo, 2010, p.7).

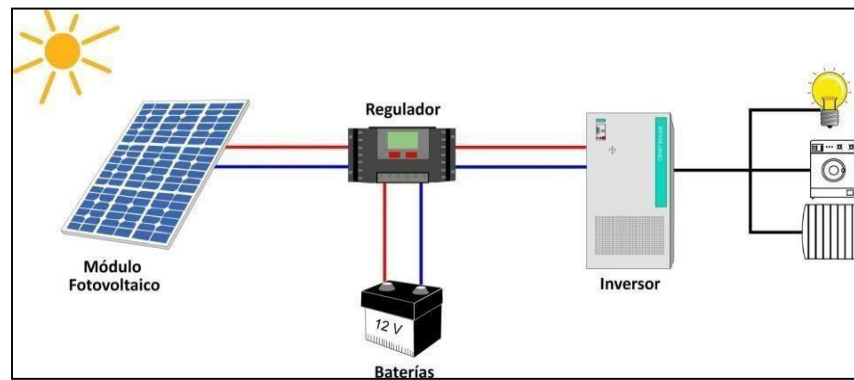


Figura 5. Instalación de Inversor en Sistema Fotovoltaico

**Regulador de carga:** Son componentes que tienen como funcionamiento evitar cargas elevadas o descargas excesivas de las baterías a partir del monitoreo de flujo de energía entre paneles, baterías y carga. Tiene una función pasiva, separando el banco de baterías de los paneles, cuando no cuentan con capacidad de suministro de poder cargar las baterías y como consecuencia su descarga de la misma, referenciándose en horas del día y la noche ya que los niveles de radiactividad son bajos. Y cuenta con un rol activo aseguran el funcionamiento de los paneles el punto de máxima eficiencia. (Sánchez, 2011, p.2).

**Baterías:** Es una fuente de poder que acumula la energía eléctrica producida por paneles fotovoltaicos- aerogenerador, permitiendo obtener energía eléctrica en el momento necesario. Su dimensión se calcula normalmente para disponer de un arbitrio de 2-5 días. Normalmente se agrupa de 6, 12 o 24 unidades, con 2V cada unidad, para formar sistemas de 12V, 24V o 48V. (Sánchez, 2011, p.2)

#### 1.3.4. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos.

“Se clasifican en tres grandes grupos: Sistemas fotovoltaicos de conexión a red, sistemas fotovoltaicos autónomos de electrificación y sistemas fotovoltaicos de bombeo” (RENOVETEC, 2016, p.3).

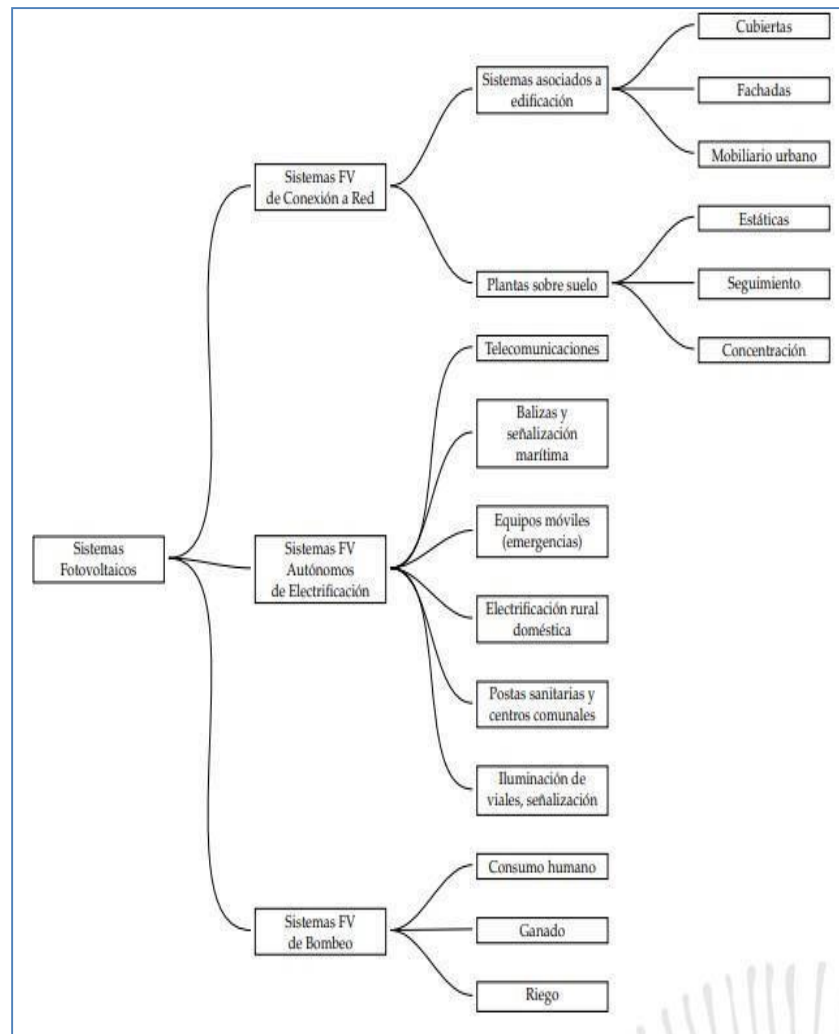


Figura 6. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos

**Hora Pico Solar (HPS).**

Es la máxima potencia que el Panel fotovoltaico puede generar con una variación promedio de tres a siete horas por día, conforme a la insolación. Y definirla como el tiempo (en horas) de una Irradiación solar en condiciones estándares de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de 25°C y 1,5 Masa del Aire” (Pareja, 2010, p.3).

$$1HSP = \frac{1000W * 1h}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1J/s}{1W}$$

$$1HSP = 3,6 MJ/m^2$$

Si un panel solar se encuentra alimentando a una carga, sus valores de voltaje y corriente varían. La potencia suministrada será máxima: Vmx (Voltaje máxima) e Imx (corriente máxima), que siempre serán menores que Vopen (voltaje de circuito abierto) e Isc (corriente de cortocircuito). En relación a estos datos, se da la potencia máxima que puede entregar la celda solar (Pareja, 2009, p.16).

$$Pm = Vmx. Imx$$

Dónde:

Pm = Potencia máxima. Vmx = Voltaje máximo. Imx = corriente máxima.

### **Eficiencia del módulo. ( $\eta$ )**

El factor de eficiencia es la división entre la potencia máxima ( $P_m$ ) y la potencia luminosa ( $P_l$ ) que recibe la celda fotovoltaica.

$$\eta = \frac{P_m}{P_l} = \frac{V_{mx} \cdot I_{mx}}{P_l}$$

Dónde:

$P_m$  = potencia máxima

$P_l$  = potencia luminosa

La capacidad del panel solar depende del tipo, para silicio mono-cristalino de 14 a 16 %, silicio poli-cristalino de 10 a 12 %; Silicio amorfo de 6 a 8 %.

### **Factor de forma: (Ff)**

El factor de forma (Ff), es la resistencia interna del panel solar, y la temperatura, donde afecta a la disminución de la potencia entregada, a este fenómeno se le da el nombre de factor de forma.

$$Ff = \frac{(V_{mx}) (I_{mx})}{(V_{oc}) (I_{sc})}$$

Ff = Coeficiente de forma.

$V_{mx}$  = Energía máxima que entrega el panel fotovoltaico.

$I_{mx}$  = Corriente máxima.

$V_{oc}$  = Energía del panel solar en circuito abierto.

$I_{sc}$  = Corriente de cortocircuito.

### 1.3.5. Expresión Temática De La Distribución De Weibull

“La siguiente función de densidad de distribución de Weibull para el intervalo aleatoria  $t$  se especifica en la siguiente expresión”:

$$f(t) = \frac{\beta(t-\delta)^{\beta-1}}{\theta^{\beta}} \exp\left[-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^{\beta}\right], t \geq \delta$$

Dónde  $t$  Variable aleatoria que, para el caso de la confiabilidad, representa el tiempo entre fallas;  $\beta$  es el parámetro de forma ( $0 < \beta < \infty$ );  $\theta$  es el Parámetro de escala ( $0 < \theta < \infty$ ); y  $\delta$  es el parámetro de localización ( $-\infty < \delta < \infty$ ).

El parámetro beta, determina la forma o perfil de la distribución, la cual es función del valor de éste. El parámetro theta indica la escala de la distribución, es decir, resalta que tan aguda o plana es la función. El parámetro delta indica, el tiempo, el momento apartir del cual se genera la distribución.

#### Deducción de la ecuación lineal de regresión

“Función acumulativa  $F(t)$  de Weibull, aplicando logaritmos naturales y propiedad exponencial de logaritmos, tenemos”:

$$\therefore F(t) = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-F(t)}\right)\right] = \beta \ln(t-\delta) - \beta \ln \theta$$

La cual es una recta de regresión, con:

$$y = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-F(t)}\right)\right], x = \beta \ln(t-\delta), b = \beta \ln \theta$$

$$\begin{cases} b = \beta \ln \theta \\ -\frac{b}{\beta} = \ln \theta \\ \therefore \theta = e^{-\frac{b}{\beta}} \end{cases}$$



#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cómo suministrar energía eléctrica a la IE 16468 del caserío Campana, San Ignacio Cajamarca, utilizando un sistema fotovoltaico?

#### **1.5. Justificación del estudio Justificación Técnica.**

Se justifica este proyecto de investigación porque en la actualidad hay tecnologías que permiten aprovechar la energía solar. Además, es posible seleccionar los dispositivos que forman parte del sistema fotovoltaico, de acuerdo a las necesidades energéticas de la Institución Educativa.

##### **Justificación científica.**

Científicamente se justifica el proyecto, por su posibilidad de conversión de la energía en forma de radiación solar en energía eléctrica, en los elementos semiconductores, normalmente de silicio y germanio. Este proceso de transformación energética se realiza sin contaminación del ambiente, y la relación entre la energía eléctrica generada con la energía de la radiación solar, cada vez se incrementa.

##### **Justificación Económica.**

Se justifica económicamente porque con una inversión inicial, los costos de operación solo son por mantenimiento de los equipos y/o dispositivos, haciendo viable el proyecto, enmarcado como de inversión social.

##### **Justificación Ambiental.**

La generación de energía eléctrica renovables como la energía solar, no emite gases hacia el medio ambiente, por lo cual la generación de 1KW-Hora de energía eléctrica con el sistema propuesto, no genera la emisión de gases de la combustión, si ésta se realizara en un motor Diesel.

**Justificación social:**

Proyectar, por mejorar la calidad de energía en la institución educativa de los estudiantes, en beneficio de utilización de los equipos que cuenta la institución educativa. La utilización de energía ecológica limpia, contribuyendo a una concientización educativa para la institución.

**1.6. Hipótesis**

Mediante el diseño del sistema Fotovoltaico se puede suministrar energía eléctrica a la I.E 16468 Caserío Campana San Ignacio Cajamarca.

**1.7. Objetivos****1.7.1 Objetivo General**

Diseñar un Sistema fotovoltaico para Suministrar Energía Eléctrica en la I.E 16468 Caserío Campana San Ignacio, Cajamarca.

**1.7.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la máxima demanda de energía eléctrica de la I.E 16468.
- Determinar los niveles de radiación solar en la zona de estudio en el que se ubica la I.E 16468.
- Seleccionar los equipos electromecánicos del sistema fotovoltaico que satisfacen la demanda de energía eléctrica.
- Realizar una evaluación económica del proyecto.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de investigación.**

**No experimental.** Debido que en nuestra investigación no se accede variar intencionalmente variables independientes por lo que se observarán los fenómenos tal y como se dan en su contexto.

Esto se debe a las limitaciones explicadas sobre el costo de implantación y tiempos prolongados de obtención de resultados.

### **2.2. Variables, Operacionalizacion.**

#### **2.2.1 Variables Variable**

**independiente:**

Diseño de un Sistema Fotovoltaico

**Variable dependiente:**

Suministro de Energía Eléctrica en IE. 16468

### 2.2.2. Operacionalización de las Variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Variable independiente:</b> Diseño de un Sistema Fotovoltaico.	Instalación que transforma en manera directa la irradiación solares en energías eléctricas (Madrid solar 2006, p.30).	“Consiste en dimensionar en función al potencial de radiación solar los elementos que transforman en energía eléctrica tales como panel fotovoltaico, inversor, regulador de carga, batería, entre otros”.	Energía Solar.  Energía eléctrica.	Radiación solar.  Potencia. Tensión. Intensidad de corriente eléctrica.	Guía de Observación	KW KW-h Amperios. Watt – Hora /m2 m/s.
<b>Variable dependiente:</b> Suministro de Energía Eléctrica en IE. 16468.	Se denomina suministro eléctrico al conjunto de etapas que son necesarias para que la energía eléctrica llegue al consumidor final. (Gil, 2012, p.23).	Como la energía eléctrica es difícil de almacenar, este sistema tiene la particularidad de generar y distribuir la energía conforme esta es consumida. (Gil, 2012, p.23).	Potencia.  Tiempo.	Máxima demanda Coeficiencia de simultaneidad. Diagrama de carga.	Guía de Observación	Voltios. Hertz.

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población (N).**

Niveles de Radiación solar medidos en la zona de influencia del proyecto.

### **2.3.2. Muestra(n).**

En la presente investigación las unidades de análisis serán tomadas de la manera y el tipo de muestreo utilizado es de tipo no probabilístico debido a que en esta investigación los sujetos serán tomados por los investigadores de acuerdo a nuestra realidad problemática, es decir no interviene la aleatoria y el azar. (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, 2011, p.237).

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1. Técnicas**

Para realizar la investigación se pretende utilizar las siguientes técnicas:

**2411. Observacional:** Se observará la distribución y la ubicación de la IE, el cual nos va a permitir conocer la realidad física actual como también la disposición, el estado operacional en los diferentes componentes del sistema, etc.

**2412. Análisis de documentos:** Para el crecimiento de este punto se considerará tener muy en cuenta publicaciones, tesis, revistas, informes, normas, etc.; relacionadas al tema en mención, las cuales nos van a proporcionar información importante y a la misma vez ayudar en la investigación. También Información Estadística y las mediciones que se realizarán en campo.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para realizar el presente plan de exploración se utilizará la Guía de Observación de datos.

### **2.4.3. Validez y confiabilidad de los instrumentos**

La conformidad de este plan (instrumentos) de exploración, está enfocado en un correcto análisis y atención exhaustiva del proceso metodológico de la conclusión que se obtendrá del estudio científico en el caso del sistema fotovoltaico.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Para la observación referencial se pretende utilizar la estadística descriptiva, esta va a servir para la distinción de la conducta de variables de las fuentes de energía, es decir los niveles de radiación solar; donde se efectuará: Medida, promedio, valores máximos y mínimos. como ejemplo, esto se realizará con la conclusión de obtener la máxima demanda y otros valores dentro del sistema. Y como también el uso del software Microsoft office Excel, la cual se utilizará para el estudio de los diferentes valores que se analizaran para la investigación que se pretende ejecutar.

## **2.6. Aspectos éticos**

En la recopilación referencial será analizada con valores reales sin alterar el estudio descriptivo, para la ejecución del plan. El indagador se compromete a respetar la fiabilidad de las conclusiones, la confiabilidad de la referencia suministrados por la universidad y realizados; el respeto a la privacidad de proteger la personalidad de los personajes que participen en el análisis, la honestidad porque hablaremos con la verdad de los aspectos del estudio de investigación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Determinar la máxima demanda de energía eléctrica de la I.E 16468.

Para determinar la máxima demanda fue necesario dirigirse a la Institución y mediante la guía de observación se registró la información acerca de las clases de cargas que existen en la Institución Educativa 16468 Caserío Campana, San Ignacio Cajamarca.

LISTA DE EQUIPOS Y APARATOS ELÉCTRICOS DE LA I.E 16468.				
Ítem	Descripción	Cantidad	Potencia Instalada (Watt)	Potencia Total Instalada (Watt)
1	Televisor 32"	1	154	154
2	Mini laptop xo-1.5	20	16.5	330
3	DVD	1	10	10
4	Equipo de sonido	2	40	80
5	Fluorescentes tubo led circular	7	32	224
6	Hervidor Eléctrico	1	350	350
7	Radio	1	20	20
	Total			1168

Tabla 1. Potencia Instalada de cargas Eléctricas de la I.E: 16468

En la tabla 1, se muestra la potencia de cada una de las cargas eléctricas, resaltando como la que tiene mayor potencia el hervidor eléctrico, que es utilizada para hervir el agua, para el consumo de los alumnos; dicha carga solo es utilizada dos veces a la semana.

Para determinar cuáles son las horas de funcionamiento de cada una de las cargas eléctricas, se utilizó una guía de observación, para registrar las horas de uso de cada una de las cargas eléctricas, en la tabla 2, se muestra dicha información.

Hora	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO EN HORAS						
	Televisor 32"	Mini laptop xo-1.5	DVD	Equipo de sonido	Fluorescentes tubo led circular	Hervidor Eléctrico	Radio
06.00 - 07.00							1
07.00- 08.00							1
08.00- 09.00	1		1	1		0.5	1
09.00- 10.00	1		1	1			
10.00- 11.00		1					
11.00- 12.00		1					
12.00- 13.00		1					
13.00- 14.00							
14.00- 15.00	1		1	1			
15.00- 16.00	1		1	1			
16.00- 17.00							
17.00- 18.00		1					1
18.00- 19.00		1			1	0.5	1
19.00- 20.00		1			1		1
20.00- 21.00					1		1
21.00- 22.00							1

Tabla 2. Tiempo de funcionamiento de cada consumidor de energía de la I. E 16468



Hora	Consumo de Potencia (Watt)							Total (Watt)
	Televisor 32"	Mini laptop x0-1.5	DVD	Equipo de sonido	Fluorescentes tubo led circular	Hervidor Eléctrico	Radio	
06.00-07.00							20	20
07.00-08.00						350	20	370
08.00-09.00	154		10	80			20	264
09.00-10.00	154		10	80				244
10.00-11.00		330						330
11.00-12.00		330						330
12.00-13.00		330						330
13.00-14.00								0
14.00-15.00	154		10	80				244
15.00-16.00	154		10	80				244
16.00-17.00		330						330
17.00-18.00		330					20	350
18.00-19.00		330			224		20	574
19.00-20.00					224		20	244
20.00-21.00					224		20	244
21.00-22.00								135

Tabla 3. Determinación de consumo de potencia (Watt)

En la tabla 3, se determinó el ritmo de consumo de los diferentes artefactos durante el día, en el cual se puede evidenciar que en el periodo de 18.00 a 19.00 ocurre la máxima demanda equivalente a 574 watt, debido a que, en esa hora, se utiliza las mini laptops, fluorescentes y radio.

Hora	Consumo de Energía (Watt - Hora)							Total (Watt - hora)
	Televisor 32"	Mini laptop xo- 1.5	DVD	Equipo de sonido	Fluorescentes tubo led circular	Hervidor Eléctrico	Radio	
06.00-07.00							20	20
07.00-08.00						175	20	195
08.00-09.00	154		10	80			20	264
09.00-10.00	154		10	80				244
10.00-11.00		330						330
11.00-12.00		330						330
12.00-13.00		330						330
13.00-14.00								0
14.00-15.00	154		10	80				244
15.00-16.00	154		10	80				244
16.00-17.00		330						330
17.00-18.00		330					20	350
18.00-19.00		330			224		20	574
19.00-20.00					224		20	244
20.00-21.00					224		20	244
21.00-22.00							20	20
Total, Energía (Watt - Hora)								3963

Tabla 4. Consumo de energía eléctrica (watt – hora)

La máxima demanda ocurre entre las horas 18.00 pm y las 19.00 pm, con un valor de 574 Watt, y el consumo total de energía en un día en la I. E 16468, es de 3963 Watt – Hora.

El coeficiente de capacidad, define como la eficacia de consumo de potencia mediante un lapso de tiempo y se determina de la siguiente manera:

$$Fc = \frac{Ec}{MD * t}$$

Dónde:

Fc: Factor de carga.

Ec: Energía Consumida (Watt – Hora).

Md: Máxima demanda. (Watt).

T: Tiempo de funcionamiento (Horas), se considera 16 horas, desde las 06.00 hasta las 22.00 horas.

Reemplazando valores:

$$Fc = \frac{3963}{574 * 16} = 0.43$$

El factor de carga es del 43%, que es un valor típico para el sector rural

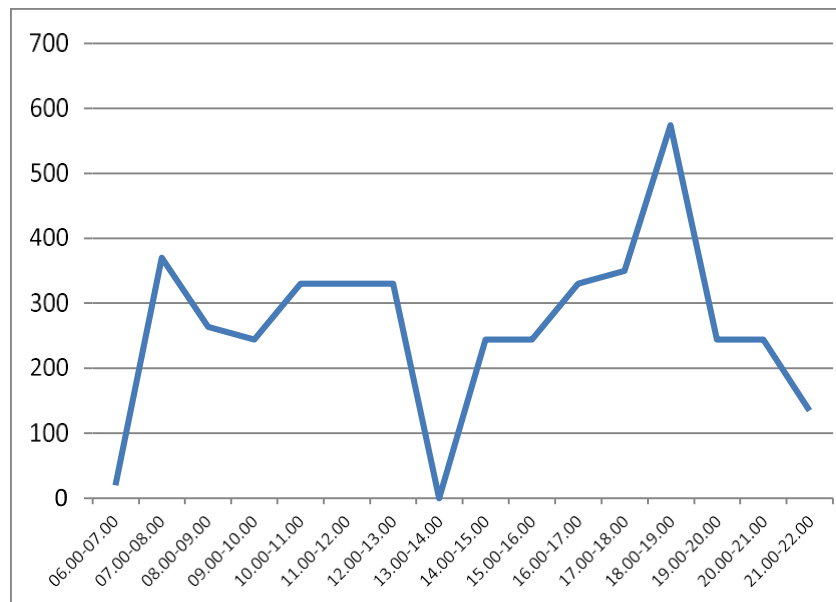


Figura 7. Diagrama de carga en la IE 16468

**3.2. Determinar los niveles de radiación solar en la zona de estudio en el que se ubica la I.E 16468.**

El Caserío Campana, se ubica en la Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca, y la zona donde se va a instalar los equipos es de  $5^{\circ}08'01.5''$  S  $79^{\circ}00'09.9''$  W. Coordenadas UTM.



Figura 8. Toma de ubicación donde se realizará el proyecto.

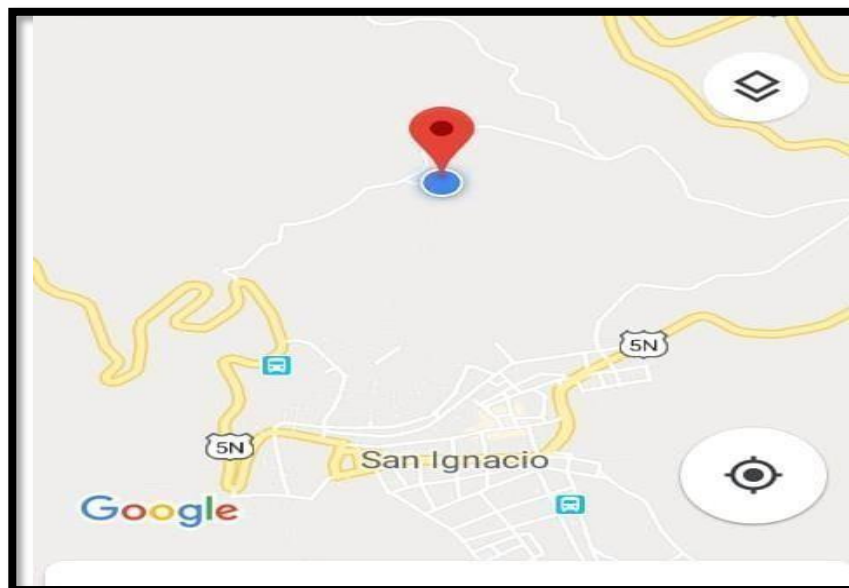


Figura 9. Ubicación del Caserío campana – San Ignacio

### **3.2.1. Niveles de Radiación Solar.**

Se ha realizado el cálculo del grado de radiactividad solar en el lugar del ámbito trabajo del proyecto, que es la IE. 16468, del caserío Campana, San Ignacio, Cajamarca, de acuerdo a un protocolo de mediciones, para lo cual se ha utilizado el Solarímetro, como equipo de medición de niveles de radiación solar, expresado en W-H/m<sup>2</sup>.

Protocolo de Mediciones:

- a) Medición del nivel de radiación solar en el lugar de trabajo.
- b) No realizar mediciones si existe precipitación fluvial.
- c) Instalar el Instrumento y dejar en la posición ON.
- d) Iniciar el Registro de mediciones de radiación a partir de las 10.00 am.
- e) Registrar los niveles de mediciones cada 1 hora, de ser posible realizar la toma de 3 lecturas, y obtener el promedio.
- f) Terminar las mediciones a las 16.00 horas.
- g) Solarímetro Modelo (TES 1333 SOLAR POWE METER).

En la tabla 5 y 6 se especifica las mediciones que se realizó en el lugar que está ubicada la I.E 16468 en el Caserío Campana San Ignacio, realizando mediciones tres veces cada una hora a la semana de los meses de abril a Junio Y de julio a septiembre.

2018													
		Abril				Mayo				Junio			
		1ra Semana	2da Semana	3ra Semana	4ta Semana	1ra Semana	2da Semana	3ra Semana	4ta Semana	1ra Semana	2da Semana	3ra Semana	4ta Semana
10AM-11AM	1ra Medición	5.69	5.45	5.43	5.98	5.43	5.65	5.43	5.34	6.01	5.98	5.89	6.46
	2da Medición	5.34	5.65	5.42	4.68	5.34	5.65	5.31	5.43	6.06	5.94	5.78	6.24
	3ra Medición	5.65	5.43	5.49	4.01	5.43	5.78	5.32	5.32	6.09	5.76	5.93	6.12
	Promedio	5.56	5.51	5.45	4.89	5.40	5.69	5.35	5.36	6.05	5.89	5.87	6.27
11AM-12AM	1ra Medición	5.67	5.32	5.94	6.30	6.94	6.56	6.58	5.93	5.98	5.91	6.09	6.08
	2da Medición	5.89	5.89	5.89	6.72	7.01	6.87	6.78	6.78	5.99	5.89	6.32	6.79
	3ra Medición	5.43	5.45	5.76	5.82	7.03	6.89	6.89	6.59	6.09	5.67	6.93	7.04
	Promedio	5.66	5.55	5.86	6.28	6.99	6.77	6.75	6.43	6.02	5.82	6.45	6.64
12AM-1PM	1ra Medición	6.11	6.56	6.78	6.16	6.76	6.45	6.78	7.65	6.98	7.02	6.93	7.02
	2da Medición	6.13	6.67	6.54	7.19	6.78	6.46	6.98	7.18	6.98	7.04	6.91	7.00
	3ra Medición	6.34	6.89	6.54	5.34	6.89	6.49	6.87	6.76	6.91	6.92	6.88	6.91
	Promedio	6.19	6.71	6.62	6.23	6.81	6.47	6.88	7.20	6.96	6.99	6.91	6.98
1PM-2PM	1ra Medición	6.89	6.99	6.56	6.77	6.56	6.78	6.45	6.56	6.75	6.72	6.45	6.78
	2da Medición	6.44	6.93	6.78	6.79	6.57	6.54	6.45	6.34	6.78	6.75	6.52	6.89
	3ra Medición	6.57	6.99	6.67	6.89	6.78	6.43	6.41	6.45	6.54	6.88	6.52	6.83
	Promedio	6.63	6.97	6.67	6.82	6.64	6.58	6.44	6.45	6.69	6.78	6.50	6.83
2PM-3PM	1ra Medición	6.45	6.56	6.89	6.89	6.78	6.87	6.98	6.78	6.56	6.87	6.99	7.19
	2da Medición	6.67	6.58	6.99	6.72	6.45	6.98	6.82	6.89	6.58	6.81	6.91	6.84
	3ra Medición	6.78	6.52	6.79	6.78	6.78	6.92	6.85	6.99	6.63	6.85	6.93	6.89
	Promedio	6.63	6.55	6.89	6.80	6.67	6.92	6.88	6.89	6.59	6.84	6.94	6.97
3PM-4PM	1ra Medición	6.32	6.24	6.11	6.02	6.11	6.15	6.19	6.23	6.65	6.73	6.81	6.89
	2da Medición	6.23	6.18	6.22	6.18	6.03	6.07	6.11	6.16	6.67	6.75	6.77	6.85
	3ra Medición	6.34	6.32	6.18	6.34	5.90	5.94	5.93	5.97	6.54	6.65	6.78	6.78
	Promedio	6.30	6.25	6.17	6.18	6.01	6.05	6.08	6.12	6.62	6.71	6.79	6.84

Tabla 5. Mediciones de valores de radiación solar, abril - junio

### Interpretación de las mediciones realizadas.

Las mediciones se realizaron en los meses de abril, mayo y junio del año 2018, meses que pertenecen a la estación de otoño e invierno, en los cuales se evidencia que a partir de las 10.00 am y los niveles de la radiactividad solar son superiores a 5 KW-h/m<sup>2</sup>, a partir de las

12.00 horas lo valores de radiación registran valores inclusive de 7.00 KW-h/m<sup>2</sup>, y disminuye a partir de las 3.00, con valores alrededor de 6 KW-h/m<sup>2</sup>. La tendencia es la misma en todos los días de medición, sin embargo, en periodos de tiempo pequeños, hay un efecto de “sombra”, debido a los cambios de nubosidad de la atmósfera.

Las 3 mediciones, se realizaron en intervalos de tiempo cada 15 minutos, dentro de la hora de medición, y de esa manera se estableció el promedio, notando poca dispersión de los valores dentro de la hora de medición.

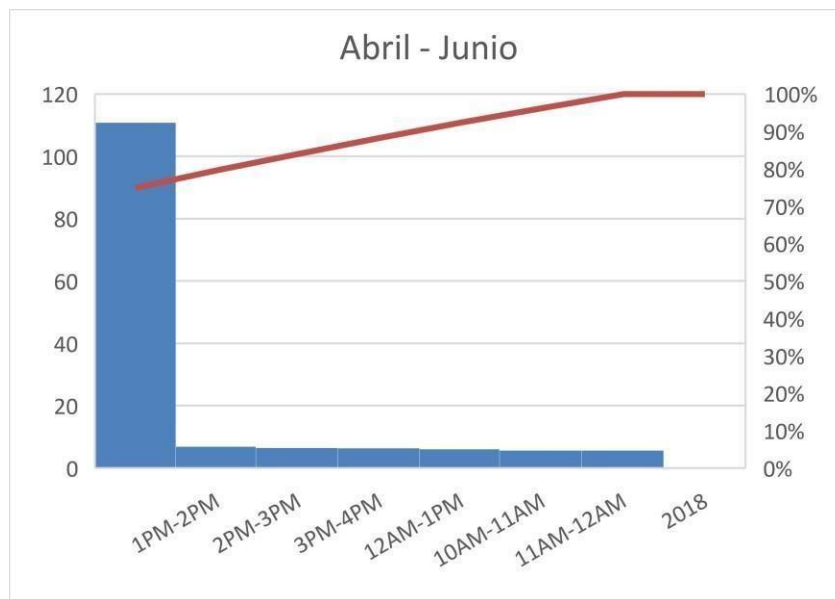


Figura 10. Niveles de Radiación Abril – Junio

2018													
		Julio				Agosto				Septiembre			
		1ra Seman a	2da Seman a	3ra Seman a	4ta Seman a	1ra Seman a	2da Seman a	3ra Seman a	4ta Seman a	1ra Seman a	2da Seman a	3ra Seman a	4ta Seman a
10AM - 11AM	1ra Medición	5.25	5.32	5.39	5.46	6.19	6.26	6.33	6.40	6.78	6.99	6.88	6.59
	2da Medición	6.11	5.97	6.04	6.11	6.89	6.91	6.98	5.88	6.80	6.78	6.79	6.78
	3ra Medición	6.67	6.82	6.89	6.99	6.78	6.64	6.71	6.78	6.78	6.88	6.99	6.89
	Promedio	6.01	6.03	6.10	6.18	6.62	6.60	6.67	6.36	6.79	6.88	6.89	6.75
11AM - 12AM	1ra Medición	6.92	6.91	6.91	6.90	6.90	6.89	6.97	6.96	6.59	6.59	6.58	6.58
	2da Medición	6.80	6.79	6.78	6.77	6.35	6.34	6.45	6.59	7.00	6.99	6.99	6.98
	3ra Medición	6.98	6.99	6.90	6.89	6.45	6.43	6.41	6.37	6.16	6.15	6.21	6.13
	Promedio	6.90	6.90	6.86	6.85	6.57	6.55	6.61	6.64	6.58	6.58	6.59	6.56
12AM -1PM	1ra Medición	6.54	6.62	6.70	6.78	6.80	6.87	6.94	7.01	6.64	6.71	6.71	6.78
	2da Medición	6.79	6.87	6.81	6.89	6.71	6.78	6.65	6.72	6.89	6.78	6.92	6.99
	3ra Medición	6.79	6.87	6.84	6.92	6.38	6.45	6.49	6.56	6.80	6.87	6.77	6.84
	Promedio	6.71	6.79	6.78	6.86	6.63	6.70	6.69	6.76	6.78	6.79	6.80	6.87
1PM- 2PM	1ra Medición	6.87	6.83	6.92	7.01	6.83	6.74	6.65	6.56	6.88	6.81	6.84	6.88
	2da Medición	6.89	6.98	6.80	6.89	7.08	6.99	6.98	6.89	6.98	6.99	6.88	6.54
	3ra Medición	6.72	6.81	6.82	6.91	7.00	6.91	7.12	7.03	6.91	6.91	6.88	6.65
	Promedio	6.83	6.87	6.85	6.94	6.97	6.88	6.92	6.83	6.92	6.90	6.87	6.69
2PM- 3PM	1ra Medición	5.67	5.94	5.86	5.78	6.89	5.88	5.96	6.04	5.70	5.69	5.68	5.67
	2da Medición	5.89	5.78	5.77	5.87	6.89	5.96	6.04	6.12	6.89	5.80	5.79	5.78
	3ra Medición	5.76	5.94	5.86	5.78	6.78	6.78	5.94	6.02	6.79	6.78	5.78	5.77
	Promedio	5.77	5.89	5.83	5.81	6.85	6.21	5.98	6.06	6.46	6.09	5.75	5.74
3PM- 4PM	1ra Medición	5.76	5.73	5.70	5.67	5.45	5.53	5.61	5.69	5.19	5.27	5.35	5.43
	2da Medición	5.66	5.63	5.60	5.57	5.21	5.29	5.37	5.45	5.23	5.31	5.34	5.42
	3ra Medición	5.85	5.82	5.79	5.76	5.30	5.38	5.46	5.54	5.23	5.21	5.26	5.34
	Promedio	5.76	5.73	5.70	5.67	5.32	5.40	5.48	5.56	5.22	5.26	5.32	5.40

Tabla 6. Mediciones de valores de radiación solar, Julio – Septiembre.



### Interpretación de las mediciones realizadas.

Las mediciones se realizaron en los meses de julio, agosto y septiembre del año 2018, meses que pertenecen a la estación de invierno y primavera, en los cuales se evidencia que a partir de las 10.00 am, la estimación de radiactividad solar es de 5 KW-h/m<sup>2</sup>, e inclusive valores mayores a 6 KW-h/m<sup>2</sup>; a partir de las 12.00 horas los valores de radiación registran valores inclusive de 7.00 KW-h/m<sup>2</sup>, y disminuye a partir de las 3.00, con valores alrededor de 5 KW-h/m<sup>2</sup>. La tendencia es la misma en todos los días de medición de éstos meses, sin embargo, en periodos de tiempo pequeños, hay un efecto de “sombra”, debido a los cambios de nubosidad de la atmósfera.

Las 3 mediciones, se realizaron en intervalos de tiempo cada 15 minutos, dentro de la hora de medición, y de esa manera se estableció el promedio, notando poca dispersión de los valores dentro de la hora de medición.

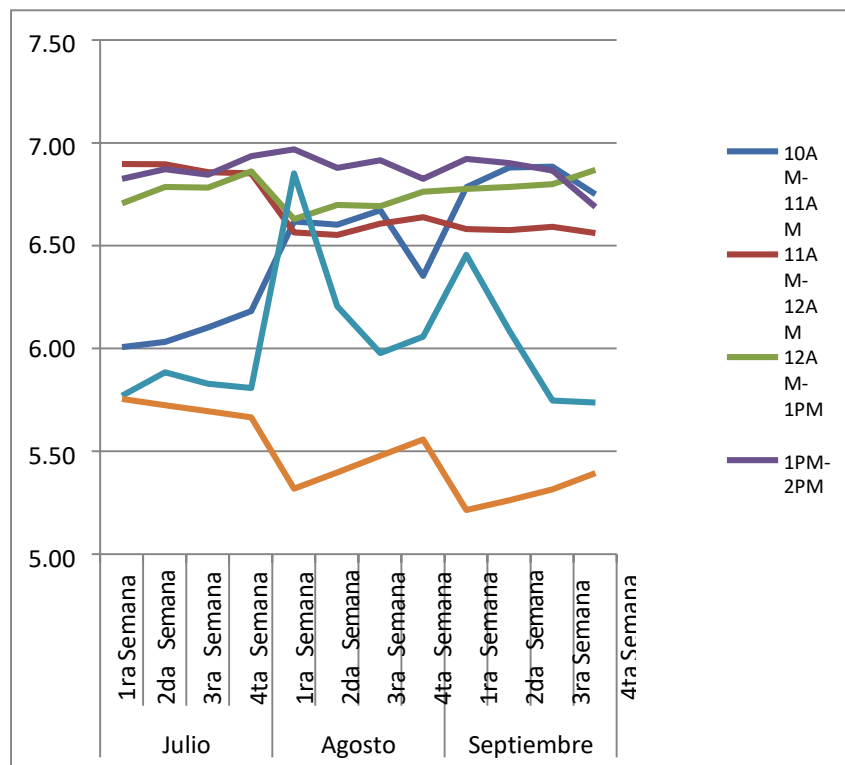


Figura 11. Niveles de Radiación Julio - septiembre

### 3.2.2 Análisis Probabilístico de Weibull para determinar el valor de radiación solar, para el diseño de los paneles fotovoltaicos.

Para analizar la probabilidad de ocurrencia de los valores de radiación solar, se realiza el análisis de Weibull, el cual determina los valores probables que el panel fotovoltaico captará el nivel de radiación.

#### Probabilidad de Niveles de radiación

Con el uso del software libre de cálculo, se realiza el análisis de Weibull, con los datos:

El procedimiento se realiza:

- a) Ordenar todos los valores promedio obtenidos por hora, mes y semana.
- b) Ordenar todos los valores promedios en orden ascendente.
- c) Mediante la ecuación **Rango**=  $((Mx-0.3)/(N+0.4))$ , se determina la mediana de la lista de observaciones, donde Mx, es la medida del valor de radiación en la posición x y N, es el número de observaciones.
- d) La función de Weibull, expresado en función exponencial, se resuelve linealizando los ejes cartesianos, mediante el logaritmo de la función, tanto para el x como para el eje y, que finalmente constituyen puntos que se enmarcan en una ecuación de la recta.
- e) En el eje Y, queda la expresión de **ln (ln (1/(1-Median Rank)))**, y en el eje X, los valores de las mediciones de radiación.

Hora de Medición	Mes	Semana	Radiación Solar KW-h/m2
10AM-11AM	Julio	1ra Semana	6.01
		2da Semana	6.03
		3ra Semana	6.1
		4ta Semana	6.18
	Agosto	1ra Semana	6.62
		2da Semana	6.6
		3ra Semana	6.67
		4ta Semana	6.36
	Septiembre	1ra Semana	6.79
		2da Semana	6.88
		3ra Semana	6.89
		4ta Semana	6.75
11AM-12AM	Julio	1ra Semana	6.9
		2da Semana	6.9
		3ra Semana	6.86
		4ta Semana	6.85
	Agosto	1ra Semana	6.57
		2da Semana	6.55
		3ra Semana	6.61
		4ta Semana	6.64
	Septiembre	1ra Semana	6.58
		2da Semana	6.58
		3ra Semana	6.59
		4ta Semana	6.56
12AM-1PM	Julio	1ra Semana	6.71
		2da Semana	6.79
		3ra Semana	6.78
		4ta Semana	6.86
	Agosto	1ra Semana	6.63
		2da Semana	6.7
		3ra Semana	6.69
		4ta Semana	6.76
	Septiembre	1ra Semana	6.78
		2da Semana	6.79
		3ra Semana	6.8
		4ta Semana	6.87
1PM-2PM	Julio	1ra Semana	6.83
		2da Semana	6.87
		3ra Semana	6.85
		4ta Semana	6.94

Hora de Medición	Mes	Semana	Radiación solar KW-h/m2
	Agosto	1ra semana	
		2da Semana	6.88
		3ra Semana	6.92
		4ta Semana	6.83
	Septiembre	1ra Semana	6.92
		2da Semana	6.9
		3ra Semana	6.87
		4ta Semana	6.69
2PM-3PM	Julio	1ra Semana	5.77
		2da Semana	5.89
		3ra Semana	5.83
		4ta Semana	5.81
	Agosto	1ra Semana	6.85
		2da Semana	6.21
		3ra Semana	5.98
		4ta Semana	6.06
	Septiembre	1ra Semana	6.46
		2da Semana	6.09
		3ra Semana	5.75
		4ta Semana	5.74
3PM-4PM	Julio	1ra Semana	5.76
		2da Semana	5.73
		3ra Semana	5.7
		4ta Semana	5.67
	Agosto	1ra Semana	5.32
		2da Semana	5.4
		3ra Semana	5.48
		4ta Semana	5.56
	Septiembre	1ra Semana	5.22
		2da Semana	5.26
		3ra Semana	5.32
		4ta Semana	5.4

Tabla 7. Medición de niveles de radiación solar

<b>Radiación Solar KJ/m2</b>	<b>Ranking</b>	<b>Mediana ((Mx- 0.3) /(N+0.4)),</b>	<b>1/(1-Mediana)</b>	<b>ln(ln(1/(1- Mediana)))</b>	<b>ln(Radiación solar)</b>
5.22	1	0.010	1.010	-4.634	1.652
5.26	2	0.023	1.024	-3.740	1.660
5.32	3	0.037	1.039	-3.270	1.671
5.32	4	0.051	1.054	-2.948	1.671
5.4	5	0.065	1.069	-2.701	1.686
5.4	6	0.079	1.085	-2.501	1.686
5.48	7	0.093	1.102	-2.332	1.701
5.56	8	0.106	1.119	-2.185	1.716
5.67	9	0.120	1.137	-2.056	1.735
5.7	10	0.134	1.155	-1.939	1.740
5.73	11	0.148	1.173	-1.833	1.746
5.74	12	0.162	1.193	-1.736	1.747
5.75	13	0.175	1.213	-1.646	1.749
5.76	14	0.189	1.233	-1.562	1.751
5.77	15	0.203	1.255	-1.483	1.753
5.81	16	0.217	1.277	-1.409	1.760
5.83	17	0.231	1.300	-1.339	1.763
5.89	18	0.244	1.324	-1.272	1.773
5.98	19	0.258	1.348	-1.208	1.788
6.01	20	0.272	1.374	-1.147	1.793
6.03	21	0.286	1.400	-1.088	1.797
6.06	22	0.300	1.428	-1.032	1.802
6.09	23	0.314	1.457	-0.978	1.807
6.1	24	0.327	1.487	-0.925	1.808
6.18	25	0.341	1.518	-0.874	1.821
6.21	26	0.355	1.550	-0.824	1.826
6.36	27	0.369	1.584	-0.776	1.850
6.46	28	0.383	1.620	-0.729	1.866
6.55	29	0.396	1.657	-0.683	1.879
6.56	30	0.410	1.696	-0.639	1.881

<b>Radiación Solar KJ/m2</b>	<b>Ranking</b>	<b>Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),</b>	<b>1/(1-Mediana)</b>	<b>ln(ln(1/(1-Mediana)))</b>	<b>ln(Radiación solar)</b>
6.57	31	0.424	1.736	-0.595	1.883
6.58	32	0.438	1.779	-0.552	1.884
6.58	33	6.57	1.824	-0.509	1.884
6.59	34	0.465	1.871	-0.468	1.886
6.6	35	0.479	1.920	-0.347	1.890
6.61	36	0.493	1.973	-0.307	1.892
6.62	37	0.507	2.028	-0.347	1.890
6.63	38	0.521	2.086	-0.307	1.892
6.64	39	0.535	2.148	-0.268	1.893
6.67	40	0.548	2.214	-0.230	1.898
6.69	41	0.562	2.284	-0.191	1.901
6.69	42	0.576	2.358	-0.153	1.901
6.7	43	0.590	2.438	-0.115	1.902
6.71	44	0.604	2.523	-0.078	1.904
6.75	45	0.617	2.614	-0.040	1.910
6.76	46	0.631	2.712	-0.002	1.911
6.78	47	0.645	2.817	0.035	1.914
6.78	48	0.659	2.931	0.073	1.914
6.79	49	0.673	3.055	0.110	1.915
6.79	50	0.686	3.189	0.148	1.915
6.79	51	0.700	3.336	0.186	1.915
6.8	52	0.714	3.498	0.225	1.917
6.83	53	0.728	3.675	0.264	1.921
6.83	54	0.742	3.872	0.303	1.921
6.85	55	0.756	4.090	0.343	1.924
6.85	56	0.769	4.335	0.383	1.924
6.85	57	0.783	4.611	0.424	1.924
6.86	58	0.797	4.925	0.466	1.926
6.86	59	0.811	5.285	0.510	1.926
6.87	60	0.825	5.701	0.554	1.927
6.87	61	0.838	6.188	0.600	1.927
6.87	62	0.852	6.766	0.648	1.927

Radiación Solar KJ/m2	Ranking	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	ln(ln(1/(1-Mediana)))	ln(Radiación solar)
6.88	63	0.866	7.464	0.698	1.929
6.88	64	0.880	8.322	0.751	1.929
6.89	65	0.894	9.403	0.807	1.930
6.9	66	0.907	10.806	0.867	1.932
6.9	67	0.921	12.702	0.933	1.932
6.9	68	0.935	15.404	1.006	1.932
6.92	69	0.949	19.568	1.090	1.934
6.92	70	0.963	26.815	1.191	1.934
6.94	71	0.977	42.588	1.322	1.937
6.97	72	0.990	103.429	1.534	1.942

Tabla 8 Valores de mediciones de radiación solar.

### Distribución de Weibull

Para resolver el potencial de radiactividad solar, se establece los valores de la distribución de Weibull, correspondiente al parámetro de escala c (expresado en KW-h/m2), que determina los grados de radiactividad solar promedio en el área de influencia del proyecto, y el parámetro k, que indica el grado de dispersión de las mediciones realizadas, con éstos datos se puede establecer la frecuencia con la que ocurren los valores de radiación solar, y se determina por la ecuación:

$$f(r) = \frac{k}{c} \left( \frac{r}{c} \right)^{k-1} e^{-\left( \frac{r}{c} \right)^k}$$

Para resolver los valores de la ecuación de Weibull, se utiliza el ajuste de mínimos, que corresponde a la ecuación de probabilidad de Weibull.

$$P(r \leq r_i) = 1 - e^{-\left( \frac{r_i}{c} \right)^k}$$

Esto se logra utilizando el método de regresión lineal, donde relaciona las variables, el proceso se ve reflejado por las ecuaciones:

$$Y_i = L[-Ln(1 - P_i)]$$

$$X_i = Ln(r)$$

$$a = -kLn(c) \quad b = k$$

$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]$	$X_i = \text{Ln}(r)$
-4.634	1.652
-3.740	1.660
-3.270	1.671
-2.948	1.671
-2.701	1.686
-2.501	1.686
-2.332	1.701
-2.185	1.716
-2.056	1.735
-1.939	1.740
-1.833	1.746
-1.736	1.747
-1.646	1.749
-1.562	1.751
-1.483	1.753
-1.409	1.760
-1.339	1.763
-1.272	1.773
-1.208	1.788
-1.147	1.793
-1.088	1.797
-1.032	1.802
-0.978	1.807
-0.925	1.808
-0.874	1.821
-0.824	1.826
-0.776	1.850
-0.729	1.866
-0.683	1.879
-0.639	1.881
-0.595	1.883

$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]$	$X_i = \text{Ln}(r)$
-0.552	1.884
-0.509	1.884
-0.468	1.886
-0.427	1.887
-0.387	1.889
-0.347	1.890
-0.307	1.892
-0.268	1.893
-0.230	1.898
-0.191	1.901
-0.153	1.901
-0.115	1.902
-0.078	1.904
-0.040	1.910
-0.002	1.911
0.035	1.914
0.073	1.914
0.110	1.915
0.148	1.915
0.186	1.915
0.225	1.917
0.264	1.921
0.303	1.921
0.343	1.924
0.383	1.924
0.424	1.924
0.466	1.926
0.510	1.926
0.554	1.927
0.600	1.927
0.648	1.927
0.698	1.929



$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]$	$X_i = \text{Ln}(r)$
0.751	1.929
0.807	1.930
0.867	1.932
0.933	1.932
1.006	1.932
1.090	1.934
1.191	1.934
1.322	1.937
1.534	1.942

Tabla 9. Variables en regresión lineal

Con los valores dados, se determina la ecuación de la recta, en donde:

$$Y = aX + b$$

El método de los mínimos cuadrados, consiste en realizar la aproximación de la ecuación de la recta, y para encontrar dicho valor, se sigue el siguiente procedimiento:

- a) Multiplicar los valores  $X.Y$ , y el valor de  $X$  al cuadrado, luego realizar la sumatoria de los valores de  $X$ , de valores de  $Y$ , y de valores  $X.Y$ , y la sumatoria de los cuadrados de  $X$ .

Y	X	X.Y	X <sup>2</sup>
-4.634	1.652	-7.6554	2.729
-3.74	1.66	-6.2084	2.756
-3.27	1.671	-5.4642	2.792
-2.948	1.671	-4.9261	2.792
-2.701	1.686	-4.5539	2.843
-2.501	1.686	-4.2167	2.843
-2.332	1.701	-3.9667	2.893
-2.185	1.716	-3.7495	2.945
-2.056	1.735	-3.5672	3.010
-1.939	1.74	-3.3739	3.028
-1.833	1.746	-3.2004	3.049
-1.736	1.747	-3.0328	3.052
-1.646	1.749	-2.8789	3.059
-1.562	1.751	-2.7351	3.066
-1.483	1.753	-2.5997	3.073
-1.409	1.76	-2.4798	3.098
-1.339	1.763	-2.3607	3.108
-1.272	1.773	-2.2553	3.144
-1.208	1.788	-2.1599	3.197
-1.147	1.793	-2.0566	3.215
-1.088	1.797	-1.9551	3.229
-1.032	1.802	-1.8597	3.247
-0.978	1.807	-1.7672	3.265
-0.925	1.808	-1.6724	3.269
-0.874	1.821	-1.5916	3.316
-0.824	1.826	-1.5046	3.334
-0.776	1.85	-1.4356	3.423
-0.729	1.866	-1.3603	3.482
-0.683	1.879	-1.2834	3.531
-0.639	1.881	-1.2020	3.538
-0.595	1.883	-1.1204	3.546
-0.552	1.884	-1.0400	3.549
-0.509	1.884	-0.9590	3.549
-0.468	1.886	-0.8826	3.557

Y	X	X.Y	X^2
-0.427	1.887	-0.8057	3.561
-0.387	1.889	-0.7310	3.568
-0.347	1.89	-0.6558	3.572
-0.307	1.892	-0.5808	3.580
-0.268	1.893	-0.5073	3.583
-0.23	1.898	-0.4365	3.602
-0.191	1.901	-0.3631	3.614
-0.153	1.901	-0.2909	3.614
-0.115	1.902	-0.2187	3.618
-0.078	1.904	-0.1485	3.625
-0.04	1.91	-0.0764	3.648
-0.002	1.911	-0.0038	3.652
0.035	1.914	0.0670	3.663
0.073	1.914	0.1397	3.663
0.11	1.915	0.2107	3.667
0.148	1.915	0.2834	3.667
0.186	1.915	0.3562	3.667
0.225	1.917	0.4313	3.675
0.264	1.921	0.5071	3.690
0.303	1.921	0.5821	3.690
0.343	1.924	0.6599	3.702
0.383	1.924	0.7369	3.702
0.424	1.924	0.8158	3.702
0.466	1.926	0.8975	3.709
0.51	1.926	0.9823	3.709
0.554	1.927	1.0676	3.713
0.6	1.927	1.1562	3.713
0.648	1.927	1.2487	3.713
0.698	1.929	1.3464	3.721
0.751	1.929	1.4487	3.721
0.807	1.93	1.5575	3.725
0.867	1.932	1.6750	3.733
0.933	1.932	1.8026	3.733
1.006	1.932	1.9436	3.733

Y	X	X.Y	X^2
1.09	1.934	2.1081	3.740
1.191	1.934	2.3034	3.740
1.322	1.937	2.5607	3.752
1.534	1.942	2.9790	3.771
-36.053	133.261	-68.026079	247.179739

Tabla 10. Valores para método de los mínimos cuadrados

b) Se determina los valores de a y b, con las expresiones:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X \cdot Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = -25.82$$

$$b = 13.64 = k$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = 13.64X - 25.82$$

De la expresión:  $a = -kL(c)$  y  $b=k$

Se tiene:

$$c = \frac{-25.82}{-13.64}$$

$$c = 6.63$$

El factor escala  $c$ , señala el grado de radiactividad promedio del área de análisis, y el factor de forma  $k$  es un índice de dispersión de los valores y la oscilación con la que se presenta la radiación solar.

La distribución de weibull, permite calcular la probabilidad que existan niveles de radiación superiores o inferiores al nivel de radiación solar determinada. Cada una de las ecuaciones necesita previamente los parámetros de Weibull.

Factor de forma $k$	Factor de escala $c$ (KW-H/m <sup>2</sup> )
13.64	6.63

En función a ello, se tiene la siguiente tabla de probabilidad de ocurrencia de que suceda el evento, reemplazando los valores, se tiene la probabilidad de ocurrencia del evento.

Nivel de Radiación Solar KW-H/m2	Probabilidad de Ocurrencia
0	100.00
5.22	96.24
5.26	95.84
5.32	95.16
5.32	95.16
5.4	94.09
5.4	94.09
5.48	92.83
5.56	91.33
5.67	88.83
5.7	88.05
5.73	87.22
5.74	86.94
5.75	86.64
5.76	86.35
5.77	86.04
5.81	84.78
5.83	84.11
5.89	81.95
5.98	78.29
6.01	76.95
6.03	76.02
6.06	74.57
6.09	73.06
6.1	72.55
6.18	68.15
6.21	66.39
6.36	56.71
6.46	49.58
6.55	42.85
6.56	42.10
6.57	41.34
6.58	40.58
6.58	40.58
6.59	39.82
6.6	39.06

Nivel de Radiación Solar KW-H/m2	Probabilidad de Ocurrencia
6.61	38.30
6.62	37.55
6.63	36.79
6.64	36.03
6.67	33.77
6.69	32.28
6.69	32.28
6.7	31.54
6.71	30.80
6.75	27.88
6.76	27.16
6.78	25.75
6.78	25.75
6.79	25.05
6.79	25.05
6.79	25.05
6.8	24.35
6.83	22.32
6.83	22.32
6.85	20.99
6.85	20.99
6.85	20.99
6.86	20.35
6.86	20.35
6.87	19.71
6.87	19.71
6.87	19.71
6.88	19.08
6.88	19.08
6.89	18.45
6.9	17.84
6.9	17.84
6.9	17.84
6.92	16.64
6.92	16.64
6.94	15.49
6.97	13.83

Tabla 11. Probabilidad de Ocurrencia de Nivel de Medición.

**Interpretación:**

Según el análisis probabilístico de weibull, el grado de radiactividad solar promedio del área es de 6.63 KW-H/m<sup>2</sup>, y se tiene las probabilidades de ocurrencia de cada valor medido.

### **3.3. Seleccionar los equipos electromecánicos del sistema fotovoltaico que satisfacen la demanda de energía eléctrica.**

La energía real es la energía que demanda el sistema en un día (energía total diaria). Energía real diaria en la I.E 16468 del Caserío Campana San Ignacio, Cajamarca.

#### **3.3.1 Mediante la siguiente ecuación se calcula la energía requerida por el sistema.**

$$ET = \frac{ET}{n_{inv} * n_{bat}}$$

*inv bat*

Dónde:

$n_{inv}$ : Eficiencia del Inversor (0.9)

$n_{ba}$  : Eficiencia de la Batería (0.86)

ET : Energía que se requiere en la Institución Educativa.

$$E = \frac{3963}{0,9 * 0,86}$$

$$E = 5120 \text{ W h/dia}$$

Es la energía que requiere el Panel Solar para satisfacer los requerimientos de energía eléctrica en el caserío Campana.



### **Hora Pico Solar (HPS).**

Es la máxima potencia que el Panel fotovoltaico puede generar con una variación promedio de tres a siete horas por día, conforme a la insolación. Y definirla como el tiempo (en horas) de una Irradiación solar en condiciones estándares de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de 25°C y 1,5 Masa del Aire”

$$1HSP = \frac{1000W * 1h}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1J/s}{1W}$$

$$1HSP = 3,6 MJ/m^2$$

Las horas pico solar se determinan como el cociente de la radiación en la zona y la irradiación que requiere el panel para entregar su potencia pico.

Es decir:

$$H.S.P = 6.63 \text{ KW-H/m}^2 / 1\text{KW /m}^2$$

$$H.S.P = 6.63 \text{ Horas.}$$

### **Potencia del generador fotovoltaico**

Utilizando la siguiente ecuación Dónde: E= kwh

$$P = \frac{5120}{6.63 * (1 - Nc)}$$

La hora solar pico determinada para la central fotovoltaica es de 6.63 kWh/m<sup>2</sup>, Nc es el factor de pérdidas por las conexiones de los equipos.

$$P = \frac{5120}{6.63 * (1 - 0,04)}$$

$$P = 804.4 \text{ W}$$

### 3.1.2. Cálculo de módulos fotovoltaicos.

Una vez obtenida la potencia del generador fotovoltaico se divide entre la potencia pico para determinar el total de módulos fotovoltaicos.

$$N = \frac{P}{P_p}$$

$P_p$ : Es la Potencia de cada panel, se selecciona un panel de 250 Watt.

$$N = \frac{804.4 \text{ W}}{250}$$

$$N = 3.21 \text{ paneles}$$

Para nuestro generador fotovoltaico se requiere de 4 Módulos de 250 W, voltaje de 12 v.



Figura 12. Panel solar Marca: Kyocera de 250W 12v

### 3.3.2 Cálculo de separación de los módulos fotovoltaicos

Para calcular la separación de los módulos fotovoltaicos se asume la latitud del lugar ( $6^\circ$  Aprox) más  $10^\circ$ , resultando un ángulo de  $16^\circ$ .

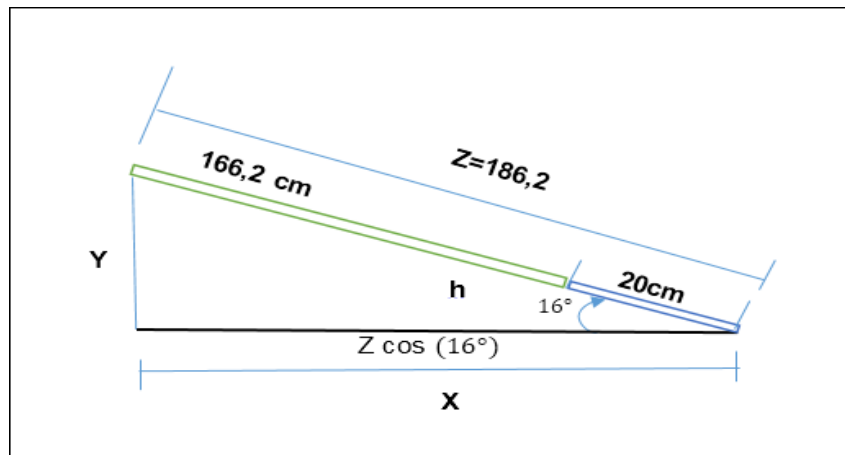


Figura 13. Inclinación de módulos fotovoltaicos

En primer lugar, calculamos el valor de ( )

$$x = 186,2 * \cos 16$$

$$x = 1,78m$$

Como ya tenemos el valor de  $x$ ,  $z$  despejamos la ecuación para hallar el valor de ( $y$ ).

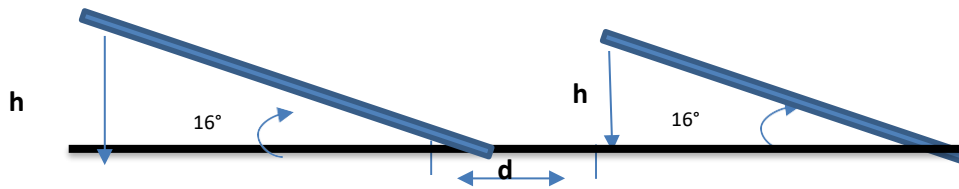
$$z^2 = x^2 + y^2$$

$$y = \sqrt{1,862^2 - 1,78^2}$$

$$y = 0,55m$$

La altura con respecto al plano horizontal es de  $0,55m$ .

### 3.3.2.1 Determinación de la separación de los módulos fotovoltaicos.



Del cálculo anterior tenemos el valor de y, en la cual vamos a reemplazar por h.

$$d_{\text{minima}} = \frac{h}{\tan 61^\circ - \text{lat}}$$

$$d_{\text{minima}} = \frac{0,55}{\tan 61^\circ - 6^\circ}$$

por lo tanto la  $d_{\text{minima}} = 0,39m$

### 3.3.3 Dimensionado del regulador (controlador de carga).

Mediante la siguiente ecuación, obtenemos la intensidad de corriente del regulador.

$$I_{\text{Regulador}} = I_{\text{Generador}}$$

$$I_{\text{Regulador}} = N^\circ \text{ Paneles} * I_{\text{sc}}$$

$I_{\text{sc}}$ , es la corriente de cortocircuito, según la tabla de especificaciones es de 9.09 Amperios.

$$I_{\text{Regulador}} = 4 * 9,09A$$

$$I_{\text{Regulador}} = 36.36 A$$

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
TIPO DE MÓDULO PV	UND	KD250GH-4F82
A 1000 W/m2		
Potencia nominal	W	250
Tensión máxima del sistema	V	1000
Tensión de máxima potencia	V	29,8
Corriente de mínima potencia	A	8,39
Tensión de circuito abierto	V	36,9
Corriente de cortocircuito	A	9,09
Nivel de eficiencia	%	15,1
Tolerancia de potencia	%	5/-3
Resistencia a la corriente inversa Ig	A	15
Protección máxima del fusible	A	15
Coeficiente de la temperatura de la tensión de circuito abierto	%/k	-0,36
Coeficiente de la temperatura de la corriente de corto circuito	%/k	0,06
Coeficiente de la temperatura a Pmax	%/k	-0,46
Reducción del nivel de eficiencia de 1000W/m2 a 200W/m	%	6,7
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
TIPO DE MÓDULO PV	UND	KD250GH-4F82
MEDIDAS		
Longitud	mm	1662 (+- 2,5)
Ancho	mm	990(+ - 2,5)
Altura/69amos. Caja de contacto	mm	46
Peso	Kg	20
Cable	mm	{+}1190/{-}960
Tipo conexión		pv-03(SMK)
Caja de contacto	mm	123*91,6*16
Numero de diodos bypass		3
Código IP		IP65/IP67
CÉLULAS		
Cantidad por módulo		60
Tecnología celular		Policristalina
Tamaño celular( cuadrado)	mm	156*156
Conexión de células		3 busbar
DATOS GENERALES		
Garantía de rendimiento		10{3} 25 años{4}
Garantía		10años{5}

Figura 14 Ficha técnica de características del panel solar.

La Intensidad de corriente para el regulador será de 36.36 A, dividido en dos circuitos obtendremos 2 reguladores de 18.18 A cada uno, con un voltaje de 12V. En consecuencia, la corriente de carga se demuestra mediante la presente ecuación:

$$P = V * I * \cos\phi$$

$$I = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

$$I = \frac{804.4}{220 * 0,9}$$

I = 4.06 A, dividido en dos circuitos, cada una con una corriente de carga de 2.03 A.

Se utilizarán 2 controladores solares de 18.18 A cada uno con una corriente de carga de 2.03 A cada uno, siendo los que existen en el mercado.

### **Selección del Controlador de Carga.**



Figura 15. Controlador de carga

#### **3.3.4 Dimensionado del inversor**

Se obtiene a partir de la potencia pico los módulos fotovoltaicos instalados en el sistema fotovoltaico.

La potencia instalada es de 804.4 Watt.

Como en tenemos 2 circuitos se utilizarán 2 inversores de 500 Watt cada uno Inversor de corriente 500w.

Los inversores JOMAR son excelentes para distribuir corriente a equipos recreativos, equipos móviles de oficina y otras aplicaciones eléctricas, y convierten los 12 V de corriente continua de la batería en 230 voltios de CA (alterna).



Figura 16. Inversor JOMAR 12 V.

Los inversores se encuentran a disposición en diversas dimensiones y pueden proporcionar corriente a diversos equipos eléctricos, incluidos los equipos de fax, TV, ordenadores portátiles, cámaras de vídeo, equipos de sonido, pequeñas herramientas eléctricas y lámparas de trabajo. El tiempo determinado de trabajo depende del uso del dispositivo y de la dimensión y el estado de la batería.

### **CARACTERÍSTICAS**

Las salidas de estos equipos están reguladas, por ende, protege a los equipos de bajas intensidades.

Presenta un tamaño compacto para garantizar su almacenamiento y uso.

Realiza la desconexión automática, evitando la descarga de las baterías.

### 3.3.5 Consumo Energético Efectivo $E(Wh)$

Para determinar el consumo energético efectivo se consideran las posibles pérdidas en el procedimiento (R).

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \left(1 - \frac{K_a}{P_d} * N\right)$$

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,15) \left(1 - \frac{0,005}{0,7} * 2\right)$$

$$R = 0,739$$

Una vez calculado el factor de pérdidas en el sistema que es de 0, 739, se procede a calcular: La energía del acumulador.

$$E = \frac{Et}{R}$$

$$E = \frac{5120 \text{ W}}{0,739}$$

$$E = 6928 \text{ Wh}$$



### 3.3.5. Dimensionamiento del Banco de Baterías

Considerando una descarga de las baterías al 70% con una autonomía de 2 días obtenemos.

$$Ct = \frac{E * A}{Vn * Pd}$$

Ct = Capacidad total (Ah)

A = Autonomía en días.

Vn = Voltaje del acumulador.

Pd = Eficiencia de descarga de la batería

$$Ct = \frac{6928 * 2}{12 * 0,7}$$

$$Ct = 1649 \text{ Ah}$$

La disposición general del banco de baterías es de 1649 Ah.

#### 3.3.5.1 Calculo de número de baterías

$$N = \frac{1649}{554} = 2.97 = 3 \text{ baterías}$$

Se utilizarán 3 bancos de baterías de 12 v cada uno conectados en paralelo, que según la ficha técnica del controlador está dentro del rango admisible. Seleccionamos 3 baterías de 554 A-h cada una, modelo: S-550 de 554 Ah, la cuales cumplen con las características obtenidas en nuestra premeditación.

### **Ficha técnica de Baterías.**

Batería modelo: S-550 cuentan con una capacidad de 6 voltios y 554 Ah, capacidad de descarga de 100 horas. Características para ciclos profundos son de fácil transporte. Cuentan con garantía de 24 meses para luego es prolongado hasta 60 meses.

La batería S-550 posee una garantía de 7 años, 2 años de reemplazo.



Figura 17. Batería modelo: S-550 de 554 Ah.

### **Especificaciones:**

Casco y tapa: fabricado con un material resistente a golpes llamado polipropileno.

Masa: 56 kg

Longitud: 318x181x425mm.

Autonomía a 100hr: 554 Ah

Autonomía a 50 h: 500 Ah

Autonomía a 20 h: 428 Ah

### 3.4. Realizar una evaluación económica del proyecto.

#### 3.4.1. Costo de la Inversión.

La inversión del proyecto, se muestra en la tabla.

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Panel Fotovoltaico 250 Watt, 12 V	Unidad	4	280	1120
Controlador de carga 20 Amperios	Unidad	2	320	640
Baterías modelo: S-550	Unidad	3	220	660
Inversor 500 Watt	Unidad	2	80	160
Cable para instalación 2.5 mm2	Metros	20	1.4	28
Estructura para panel	Unidad	1	230	230
Costo de Instalación	Conjunto	1	150	150
TOTAL				2988

Tabla 12. Costo de Inversión.

#### 3.4.2 Ingresos económicos del Proyecto.

Esta dado el ingreso económico del proyecto, por el ahorro de no utilizar el grupo electrógeno de 3 KW, el cual tiene un consumo de combustible de 180 Soles al mes.

#### 3.4.3 Egresos del proyecto.

##### Costo de Mantenimiento.

El costo de mantenimiento representa el 10% del costo de la inversión, es decir de 0.1 \* 2988 = 298.8 Anual.

### 3.4.4 Flujo de caja del proyecto.

El flujo de caja se realiza mediante todos los ingresos, egresos e inversión inicial del proyecto, se analiza en el tiempo de 60 meses, debido a que es un proyecto de mediano plazo, tal como se detalla en la tabla.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Inversión Inicial	2988																								
Ingresos		180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Egresos	Mantenimiento	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
Ingresos - Egresos (Soles)		155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Inversión Inicial																								
Ingresos	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Egresos	Mantenimiento	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
Ingresos - Egresos (Soles)	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2

	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Inversión Inicial												
Ingresos	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Egresos	Mantenimiento	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
Ingresos - Egresos (Soles)	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2

Tabla 13. Flujo de Caja

### 3.4.5 Análisis con indicadores económicos.

#### Valor Actual Neto

La estimación obtenida de la retribución y egresos mensuales, llevándolas al mes cero, donde inicia la planificación, con una tasa de interés del 18% Anual, que es la tasa de interés para proyectos de inversión del sector privado. Esta tasa es una tasa para proyectos de inversión de mediano plazo. La tasa de 18% anual, es equivalente a una tasa de 3.0% mensual. Utilidad actualizada al tiempo 0.

$$Ia = \frac{In * [(1+i)^n - 1]}{i * (1+i)^n}$$

Dónde:

Ia: Utilidad actualizada al mes 0.

Ia: Utilidad Mensual (Ingresos – Egresos): S/.155.2

i: Tasa de Interés: 3.0% Mensual

n: Número de meses: 60

Reemplazando valores, para lo cual utilizamos el comando VNA, del Software

Microsoft Excel:

		0	1	2	3	59	60
Inversión Inicial		2988					
Ingresos			180	180	180	180	180
Egresos	Mantenimiento		24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
Ingresos - Egresos (Soles)			155.2	155.2	155.2	155.2	155.2

S/.  
4,294.32  
VNA(0.030,G9:BN9)

Tabla 14. Cálculo del Valor Actual Neto

Se obtiene: Ia =S/.4294.32, por lo tanto, el valor actual neto es la diferencia entre la utilidad actualizada del proyecto (Ia) y el valor de la inversión: 4294.32 – 2988=S/.1306.32

## Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para valorar la tasa interna de retorno (TIR), se define que el beneficio restaurado con una tasa de interés a definir es idéntico a la financiación preliminar de la planificación.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inversión: Inversión Inicial S/. 2988.

Ia: S/. 155.2 de utilidad mensuales.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n: Número de meses: 60

		0	1	2	3	59	60
Inversión Inicial		2988					
Ingresos			180	180	180	180	180
Egresos	Mantenimiento		24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
Ingresos - Egresos (Soles)		-2988	155.2	155.2	155.2	155.2	155.2

5%  
TIR(G9:BN9)

Tabla 15. Cálculo de Tasa Interna de Retorno

Al sustituir valores, y a través de una metodología de acercamientos o emplear el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo equivalente a 5% mensual, que personifica una estimación excelente a la tasa de interés mensual que oscila al 3. % mensual.

#### **IV. Discusión.**

Los sistemas fotovoltaicos actualmente son de mayor eficiencia en comparación a los existentes hace 20 años, es decir para rangos de radiactividad solar de manera excelente a 6 KW-h/m<sup>2</sup>, los valores de potencia de cada panel es la que está registrada en su placa de características técnicas, sin embargo, los precios a pesar de haber descendido, siguen siendo un obstáculo para que se utilicen en el sector rural.

El costo elevado de los sistemas fotovoltaicos, con valores que oscilan entre los 900 y 2300 Soles, dependiendo de la potencia que se genera, hacen que la alternativa del subsidio por parte del Estado Peruano, mediante un plan nacional, va a permitir electrificar las zonas rurales no cuentan con electricidad.

Se utilizó en el diseño, 4 módulos de 250 Watt, siendo otra de las alternativas el uso de 3 módulos de 350 Watt, sin embargo, el criterio de utilizar la mayor cantidad de paneles, es por el motivo, que en horas en donde el módulo genera energía eléctrica, lo envía directamente a las cargas, como son las mini laptops de la Institución Educativa, por lo tanto, en la posible falla de unos de los módulos, la potencia generada sólo se reduce en un 25%. Si se opta por la instalación de tres módulos de mayor potencia, ante una falla de un módulo se tendría un 33.33% de menor potencia generada.

## V. Conclusiones

- Se determinó que la máxima demanda en la I.E 16468 es de 574 Watt, un consumo de energía de 3963 Watt- hora, un factor de carga de 0.43; valores que están dentro de lo especificado para la electrificación con energía solar.
- Se determinó mediante el análisis de weibull el valor de 6.63 Watt –Hora/m<sup>2</sup>, como el valor promedio, de las mediciones realizadas en el lugar.
- Se seleccionó 4 módulos fotovoltaicos de 250 Watt pico, 3 baterías de 556 Amperios Horas, Se utilizarán 2 controladores solares de 18.18 A cada uno con una corriente de carga de 2. 03 A cada uno, siendo los que existen en el mercado., 2 inversores de 500 Watt cada uno.
- Se realizó la evaluación económica del proyecto de inversión, siendo los resultados de los indicadores económicos: Valor Actual Neto de S/. 1306.32, una tasa interna de retorno de 5%, valores que hacen factible la implementación del sistema fotovoltaico en la Institución Educativa 16468.



## **VI. Recomendaciones**

- Se recomienda periódicamente realizar un test point al inversor del sistema fotovoltaico, a fin de verificar los valores registrados, durante las horas de funcionamiento.
- Se recomienda realizar mantenimiento cada tres veces al sistema fotovoltaico, para lo cual la población debe ser capacitada en cuanto a limpieza de los dispositivos, como también al banco de baterías y de los paneles fotovoltaicos.

## VII. Referencias

- AMAYA Martínez [et al]. Tecnología y estrategia para el ahorro y la eficiencia energética. Madrid: Fundación confederal, 2006.233pp. ISBN: 84-96169-79-0
- CÁCERES, Juan José Desarrollo de sistema autónomo innovador para la generación de energía eléctrica a partir de energía eólica y fotovoltaica Informe Final de Investigación. El Salvador: Escuela especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE, Dirección de Investigación y Proyección Social.
- <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1663/1/01%20Desarrollo%20de%20sistema%20autonomo%20innovador%20para%20la%20generacion%20de%20energ%C3%A9tica%20a%20partir%20de%20.pdf> ISBN: 978-99923-993-8-5; 2013, 84pp.
- CLEMENTE, Wuilder. Optimización de sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas alto andinas. Tesis (para optar el título de Magister en Tecnología energética), Huancayo Perú: Universidad Nacional del centro del Perú, escuela de posgrado de la facultad de ingeniería mecánica. 2014, xipp.
- FIESTAS, Brian. Ahorro energético en el sistema eléctrico de la Universidad de Piura - Campus Piura. Tesis (optar el grado de Master en Ingeniería Mecánico- Eléctrica con Mención en Sistemas Energéticos y Mantenimiento), Piura Perú Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. 2011, 35pp.
- GASCA, Oscar. Estudio técnico económico para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en tiendas de conveniencia. Tesis (optar el título de Ingeniero Electricista), México D.F: Instituto Politécnico Nacional, Escuela superior de ingeniería Mecánica y eléctrica. 2012,1pp.
- HORN, Mantred. Uso eficiente de la energía en sistemas fotovoltaicos autónomos, [en línea].14 de noviembre 2008. [13 de abril de2017].

- Disponible en: [mhorn@uni.edu.pe](mailto:mhorn@uni.edu.pe), 5pp.
- JUTGLAR, Lluís. Generación de energía solar fotovoltaica. [En línea] 1<sup>ra</sup> Ed. Barcelona: Marcombo, 2012. 59. Disponible en pp.  
<http://www.digitaliapublishing.com/a/17226/generaci-n-de-energ-a-solar-fotovoltaica>.
- ISBN: 978-84-267-1790-0, 2012, 176pp.
- LOZA, Raúl y PALACIOS, Alejandro. Propuesta de reducción del consumo eléctrico residencial mediante un Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red eléctrica. Tesis (Ingeniero Electricista), México: Instituto Politécnico Nacional, 2014, 77 pp.
- Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13221/Tesis%20Copl%20eta.pdf?sequence=1>
- MALVINO, Paul -2000 Principios de Electrónica sexta edición en español, ISBN: 84-481-2568-1, 200, 44pp.
- MARTÍNEZ, Vanessa. Celdas solares sensibilizadas por colorantes basadas en dióxido de Titanio modificado con oxido de Cobre. Tesis (para obtener el grado académico de maestro en ciencias con mención en energías renovables y eficiencia energética), Lima Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ciencias. 2016, 1pp.
- MELLADO García, Francisco. Energía Solar Fotovoltaica [en línea] Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, 2002 [Fecha de consulta: 21 de mayo del 2016]. 123 pp
- Disponible en: [http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia\\_solar\\_fotovoltaica\\_2e5c69a6.pdf](http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf). ISBN: 978-84-935049-6-0
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. 2003, Atlas de energía solar del Perú, 203, 12pp.

- MINISTERIO DEL AMBIENTE, Instituto geofísico del Perú, 2011, 2pp.
- MIRANDA, Karla. Implementación de energía solar en la vivienda guatemalteca. Tesis (optar el título de arquitectura en el grado académico de licenciatura), Guatemala de la Asunción: Universidad Rafael Landívar, facultad de arquitectura y diseño. 2016, 6pp.
- OSINERMIN 2016 La industria de la electricidad en el Perú, ISBN: 978-612-47350-0-4. 2016, 12pp.
- PINO, Miguel. Análisis de la reducción del costo de consumo de energía eléctrica usando un sistema de paneles fotovoltaicos en los laboratorios de la facultad de ingeniería de sistemas e informática de la U.N.S.M-T. Tesis (Ingeniero de sistemas e informática). Tarapoto -Perú: Universidad Nacional de San Martín, facultad de ingeniería de Sistemas e informática, 2015, 25pp.
- PAREJA, Miguel. Radiación solar y su aprovechamiento energético. 2.a ed. Barcelona: Marcombo S.A, 2010. 313pp.  
ISBN: 978-84-267-1559-3
- PAREJA, Miguel. Energía solar fotovoltaica .1. e ed. Barcelona: Marcombo S.A, 2009. 165pp.  
ISBN: 978-84-267-1526-5
- SANTA, Sergio. Diseño de una instalación fotovoltaica autónoma para la finca mi delirio en Pereira-Colombia. Tesis (master en energías renovables: generación eléctrica) Pamplona- Colombia: Universidad Pública de Navarra. 2014. 12 pp.

## ANEXOS



### Anexo N°01 Guía de observación

#### Guía de Observación: Tiempo de Funcionamiento de los equipos eléctricos

TESIS: “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I.E 16468 CASERÍO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA”

AUTOR: MORETO LA TORRE ELVIS GROVER

Instrucciones: Llenar los campos solicitados en cuanto a la distribución del uso de los artefactos eléctricos en la I.E 16468.

Hora	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO EN HORAS						
	Televisor 32”	Mini laptop x0-1.5	DVD:	Equipo de sonido	Fluorescentes tubo led circular	Hervidor Eléctrico	Radio
06.00 - 07.00							1
07.00-08.00							1
08.00-09.00	1		1	1		0.5	1
09.00-10.00	1		1	1			
10.00-11.00		1					
11.00-12.00		1					
12.00-13.00		1					
13.00-14.00							
14.00-15.00	1		1	1			
15.00-16.00	1		1	1			
16.00-17.00							
17.00-18.00		1					1
18.00-19.00		1			1	0.5	1
19.00-20.00		1			1		1
20.00-21.00					1		1
21.00-22.00							1

## Anexo N°02 Guía de observación



### Guía de Observación: Nivel de Radiación Solar

TESIS: “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I.E 16468 CASERÍO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA”

**AUTOR:** MORETO LA TORRE ELVIS GROVER

Instrucciones: Llenar los campos solicitados en cuanto a los niveles de radiación solar, utilizando equipo solarímetro calibrado.

2018													
		Abril				Mayo				Junio			
		1ra Semana	2da Semana	3ra Semana	4ta Semana	1ra Semana	2da Semana	3ra Semana	4ta Semana	1ra Semana	2da Semana	3ra Semana	4ta Semana
10AM- 11AM	1ra Medición	5.69	5.45	5.43	5.98	5.43	5.65	5.43	5.34	6.01	5.98	5.89	6.46
	2da Medición	5.34	5.65	5.42	4.68	5.34	5.65	5.31	5.43	6.06	5.94	5.78	6.24
	3ra Medición	5.65	5.43	5.49	4.01	5.43	5.78	5.32	5.32	6.09	5.76	5.93	6.12
	Promedio	5.56	5.51	5.45	4.89	5.40	5.69	5.35	5.36	6.05	5.89	5.87	6.27
11AM- 12AM	1ra Medición	5.67	5.32	5.94	6.30	6.94	6.56	6.58	5.93	5.98	5.91	6.09	6.08
	2da Medición	5.89	5.89	5.89	6.72	7.01	6.87	6.78	6.78	5.99	5.89	6.32	6.79
	3ra Medición	5.43	5.45	5.76	5.82	7.03	6.89	6.89	6.59	6.09	5.67	6.93	7.04
	Promedio	5.66	5.55	5.86	6.28	6.99	6.77	6.75	6.43	6.02	5.82	6.45	6.64
12AM- 1PM	1ra Medición	6.11	6.56	6.78	6.16	6.76	6.45	6.78	7.65	6.98	7.02	6.93	7.02
	2da Medición	6.13	6.67	6.54	7.19	6.78	6.46	6.98	7.18	6.98	7.04	6.91	7.00
	3ra Medición	6.34	6.89	6.54	5.34	6.89	6.49	6.87	6.76	6.91	6.92	6.88	6.91
	Promedio	6.19	6.71	6.62	6.23	6.81	6.47	6.88	7.20	6.96	6.99	6.91	6.98
1PM- 2PM	1ra Medición	6.89	6.99	6.56	6.77	6.56	6.78	6.45	6.56	6.75	6.72	6.45	6.78
	2da Medición	6.44	6.93	6.78	6.79	6.57	6.54	6.45	6.34	6.78	6.75	6.52	6.89
	3ra Medición	6.57	6.99	6.67	6.89	6.78	6.43	6.41	6.45	6.54	6.88	6.52	6.83
	Promedio	6.63	6.97	6.67	6.82	6.64	6.58	6.44	6.45	6.69	6.78	6.50	6.83
2PM- 3PM	1ra Medición	6.45	6.56	6.89	6.89	6.78	6.87	6.98	6.78	6.56	6.87	6.99	7.19
	2da Medición	6.67	6.58	6.99	6.72	6.45	6.98	6.82	6.89	6.58	6.81	6.91	6.84
	3ra Medición	6.78	6.52	6.79	6.78	6.78	6.92	6.85	6.99	6.63	6.85	6.93	6.89
	Promedio	6.63	6.55	6.89	6.80	6.67	6.92	6.88	6.89	6.59	6.84	6.94	6.97
3PM- 4PM	1ra Medición	6.32	6.24	6.11	6.02	6.11	6.15	6.19	6.23	6.65	6.73	6.81	6.89
	2da Medición	6.23	6.18	6.22	6.18	6.03	6.07	6.11	6.16	6.67	6.75	6.77	6.85
	3ra Medición	6.34	6.32	6.18	6.34	5.90	5.94	5.93	5.97	6.54	6.65	6.78	6.78
	Promedio	6.30	6.25	6.17	6.18	6.01	6.05	6.08	6.12	6.62	6.71	6.79	6.84

## Anexo N° 03 Ficha de validación de instrumentos

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO: GUÍA DE OBSERVACIÓN

#### DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y Nombres:

Reyes Tassara Pedro Demetrio

Profesión:

Ingeniero Mecánico Electricista

Grado académico:

Magister en Ingeniería Mecánica Eléctrica

Actividad laboral actual:

Docente Universitario

#### INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento profundo. Marque con una "x" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1	2	3	4	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto	Muy alto

Sírvase marcar con una "x" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a)Análisis teóricos realizados.(AT)	✓		
b)Experiencia como profesional.(EP)	✓		
c)Trabajos estudiados de autores nacionales.(AN)	✓		
d)Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		✓	
e)Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación.(CP)	✓		

  
Pedro Demetrio Reyes Tassara  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
C.I.P. 88259

Firma del entrevistado



**Estimado(a) experto(a):**

El instrumento de recolección de datos a validar es una Guía de Observación, cuyo objetivo “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I.E 16468 CASERÍO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA”

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta guía de observación para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: ☒ Poco pertinente: ☐ No es pertinente: ☐

Por favor, indique las razones:

La guía de observación, si se basa en un instrumento para la recopilación de cargas que hay en la I.E 16468 Caserío Campana San Ignacio, Cajamarca.

2. ¿Considera que la guía de observación formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: ☒ Insuficientes: ☐

Por favor, indique las razones:

Sí, conocer los niveles de radiación solar y uso de energía en la I.E 16468 Caserío Campana San Ignacio, Cajamarca.

3. ¿Considera que el formato es el adecuado para la recolección de datos?

Son adecuadas: ☒ Poco adecuadas: ☐ Inadecuadas: ☐

Por favor, indique las razones:

Sí, porque a base del formato de recolección de datos, se realizará el proyecto de investigación.

4. ¿Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos?

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
	✓			✓			
	✓			✓			
		✓		✓			
	✓				✓		

2. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

---



---



---



---

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación: 23-04-2018

  
 Firma del Experto.  
 Pedro Demetrio Reyes Tassara  
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
 CIP. 88259

Anexo N° 04 Equipos eléctricos

**I.E 16468 CASERÍO CAMPANA – SAN IGNACIO CAJAMARCA**

**CARGAS:**

**TELEVISOR :32LV 500**

MODEL NO/MODELO:32 LV 2500

LG, TV: POWER/POTENCIA

AC 100-240V-50/60HZ0.7A



**MINILAPTOPS XO-1.5 ESTUDIANTES: 16.5 Watt-hours**



**RADIO:** 20Watt



**DVD:** 110V-240V ~50HZ-60HZ10W



**EQUIPO DE SONIDO:** 115V~60HZ

230V~50HZ



**FLUORESCENTE: 32W 220V**

60HZ



**HERVIDOR ELECTRICO: 350 Watt**



Anexo N° 05 Valor de medida de radiación solar con el solarímetro



ANEXO N°06 Ficha técnica de características eléctricas del panel solar

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS		
TIPO DE MÓDULO PV	UND	KD250GH-4F82
A 1000 W/m2		
Potencia nominal	W	250
Tensión máxima del sistema	V	1000
Tensión de máxima potencia	V	29,8
Corriente de mínima potencia	A	8,39
Tensión de círculo abierto	V	36,9
Corriente de cortocircuito	A	9,09
Nivel de eficiencia	%	15,1
Tolerancia de potencia	%	5/-3
Resistencia a la corriente inversa Ig	A	15
Protección máxima del fusible	A	15
Coeficiente de la temperatura de la tensión de circuito abierto	%/k	-0,36
Coeficiente de la temperatura de la corriente de corto circuito	%/k	0,06
Coeficiente de la temperatura a Pmax	%/k	-0,46
Reducción del nivel de eficiencia de 1000W/m2 a 200W/m	%	6,7
CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS		
TIPO DE MÓDULO PV	UND	KD250GH-4F82
MEDIDAS		
Longitud	mm	1662 (+- 2,5)
Ancho	mm	990(+ - 2,5)
Altura/69amos. Caja de contacto	mm	46
Peso	Kg	20
Cable	mm	(+)1190/(-)960
Tipo conexión		pv-03(SMK)
Caja de contacto	mm	123*91,6*16
Numero de diodos bypass		3
Código IP		IP65/IP67
CÉLULAS		
Cantidad por módulo		60
Tecnología celular		Policristalina
Tamaño celular( cuadrado)	mm	156*156
Conexión de células		3 busbar
DATOS GENERALES		
Garantía de rendimiento	10(3) 25 años(4)	
Garantía	10años(5)	



## ANEXO N°07 Estructura básica de aluminio para 20 modulos fv solar



### LUMA MAQUINARIA Y SERVICIOS

VENTA - RENTA - SERVICIO - REFACCIONES

## ESTRUCTURA BÁSICA DE ALUMINIO PARA 20 MODULOS FV SOLAR

Referencia ESTBASIC20

Condición: Nuevo

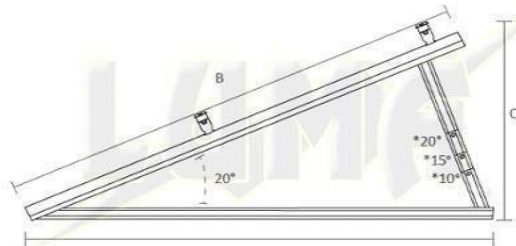
### ESTRUCTURA BÁSICA DE ALUMINIO PARA 20 MODULOS FV SOLAR

- Módulo básico (base) para 20 paneles
- Construido en aluminio le ofrece una opción duradera, dinámica y de fácil instalación en las aplicaciones de paneles fotovoltaicos.
- Menores tiempos de montaje
- Mayor flexibilidad
- existente: la estructura está diseñada para soportar vientos continuos de hasta 120 km/he (valor considerado a 6° a 20° de inclinación, con soportes triangulares espaciados cada 2metros)
- Tornillos en acero inoxidable
- Instalación en techos planos e inclinados

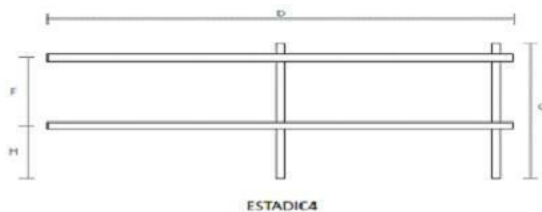
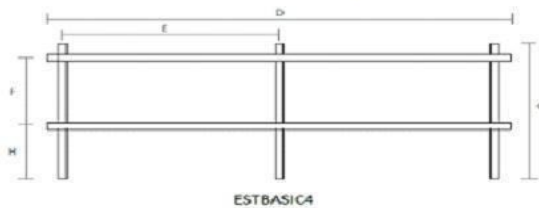


### DIMENSIONES Y PESOS

VISTA LATERAL



\*Perforaciones para variar la inclinación de la estructura





## ANEXO N°08 Inversor en red solar con almacenamiento de energía

### Solarrouter On-grid Inverter with Energy Storage



- 2KW/4.5KW/5KW on-grid inverter with energy storage
- Pure sinewave output
- Microprocessor controlled to guarantee stable charging system
- Multiple operations: Grid tie, Off grid, and grid-tie with backup
- Built-in MPPT solar charger
- LCD display panel for comprehensive information
- Multiple communication
- Green substitution for generators
- User-adjustable battery charging current

#### Selection Guide

MODEL	Solarrouter 2KW	Solarrouter 4.5KW	Solarrouter 4.5KW plus	Solarrouter 5KW
RATED OUTPUT POWER	2000 W	3000 W	3000 W	5000 W
GRID-TIE OPERATION				
PV INPUT (DC)				
Maximum DC Power	2250W	3200W	4500W	7500W
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	300 VDC / 350 VDC	360 VDC / 500 VDC		
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	80 VDC / 120 VDC	116 VDC / 150 VDC		
MPP Voltage Range	150 VDC ~ 320 VDC	250 VDC ~ 450 VDC		
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	1 / 1 x 15 A	1 / 1 x 13 A	1 / 1 x 18 A	2 / 2 x 15 A
GRID OUTPUT (AC)				
Nominal Output Voltage	101/110/120/127 VAC	208/220/230/240 VAC		
Output Voltage Range	88 - 127 VAC*	184 - 264.5 VAC*		
Nominal Output Current	18 A 2000W	19.5 A* 4500W	19.5 A* 4500W	21.7 A 5000W
Power Factor	> 0.99			
EFFICIENCY				
Maximum Conversion Efficiency (DC/AC)	95%	96%	96%	96%
European Efficiency@ Vnominal	94%	95%	95%	95%
OFF-GRID OPERATION				
AC INPUT				
AC Start-up Voltage/Auto Restart Voltage	60 - 70 VAC / 85 VAC	120 - 140 VAC / 180 VAC	120 - 140 VAC / 180 VAC	120 - 140 VAC / 180 VAC
Acceptable Input Voltage Range	85 - 130 VAC*	170 - 280 VAC	170 - 280 VAC	170 - 280 VAC
Number of MPP Trackers / Maximum Input Current	30 A	25 A	30 A	40 A
PV INPUT (DC)				
Maximum DC Voltage	350 VDC	500 VDC		
MPP Voltage Range	150 VDC ~ 320 VDC	250 VDC ~ 450 VDC		
Maximum Input Current	1 / 1 x 15 A	1 / 1 x 13 A	1 / 1 x 18 A	2 / 2 x 15 A
BATTERY MODE OUTPUT (AC)				
Nominal Output Voltage	101/110/120/127 VAC	208/220/230/240 VAC		
Output Waveform	Pure Sinewave			
Efficiency (DC to AC)	90%	93%	93%	91%
HYBRID OPERATION				
PV INPUT (DC)				
Nominal DC Voltage / Maximum DC Voltage	300 VDC / 350 VDC	360 VDC / 500 VDC		
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	80 VDC / 120 VDC	116 VDC / 150 VDC		
MPP Voltage Range	150 VDC ~ 320 VDC	250 VDC ~ 450 VDC		
Maximum Input Current	1 / 1 x 15 A	1 / 1 x 13 A	1 / 1 x 18 A	2 / 2 x 15 A
GRID OUTPUT (AC)				
Nominal Output Voltage	101/110/120/127 VAC	208/220/230/240 VAC		
Output Voltage Range	88-127 VAC	184 - 264.5 VAC		
Nominal Output Current	18 A	19.5 A*	19.5 A*	21.7 A*
AC INPUT				
AC Start-up Voltage / Auto Restart Voltage	60 - 70 VAC / 85 VAC	120 - 140 VAC / 180 VAC	120 - 140 VAC / 180 VAC	120 - 140 VAC / 180 VAC
Acceptable Input Voltage Range	80 - 130 VAC*	170 - 280 VAC	170 - 280 VAC	170 - 280 VAC
Maximum AC Input Current	30 A	25 A	30 A	40 A
BATTERY MODE OUTPUT (AC)				
Nominal Output Voltage	101/110/120/127 VAC	208/220/230/240 VAC		
Efficiency (DC to AC)	90%	93%	93%	91%
BATTERY & CHARGER				
Nominal DC Voltage	48 VDC			
Maximum Charging Current	25A			60A
GENERAL				
PHYSICAL				
Dimension, D X W X H (mm)	170 x 415 x 420			135 x 440 x 505
Net Weight (kgs)	21			24.5
INTERFACE				
Communication Port	RS-232/USB			
Intelligent Slot	Optional SNMP, Modbus, and AS-400 cards available			
ENVIRONMENT				
Humidity	0 ~ 90% RH (No condensing)			
Operating Temperature	0 to 40°C		0 to 40°C	
Altitude	0 ~ 1000 m**			

## Solarímetro Medidor digital de Radiación de energía solar SM-206

---

### DESCRIPCION

El medidor de radiación para energía solar es el instrumento ideal para ingenieros solares, expertos especializados, arquitectos y aficionados a la ingeniería solar. Este medidor de radiación determina la potencia solar.

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitido por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos, foto voltaicos, entre otros. El solarímetro SM-206 tiene la capacidad de medir la intensidad de esta radiación con exactitud de manera fácil y rápida.



## Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Mgtr. Carlos Javier Ramírez Muñoz, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, Filial Chiclayo, revisor de la tesis titulada: **"DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I.E 16468 CASERIO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA"** del estudiante **ELVIS GROVER MORETO LA TORRE**.

Constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 19 de diciembre de 2019.

FIRMA

Mgtr. Carlos Javier Ramírez Muñoz  
DNI: 40546515

# Reporte de Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome  
ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&ro=103&xs=1&co=1235463800&u=1088032488

feedback studio | Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en I.E 16468 Caserio Campana San Ignacio, Cajamarca

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**  
**Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en I.E 16468 Caserio Campana San Ignacio, Cajamarca**  
**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE Ingeniero Mecánico Electricista**  
**AUTOR:**  
Br. Elvis Grover Morello La Torre (ORCID: 0000-0002-9015-5705)  
**ASESOR:**  
Mg. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Generación, Transmisión y Distribución  
**CHICLAYO - PERÚ**

2019

Página: 1 de 64 | Número de palabras: 13150 | Text-only Report | High Resolution | Activado

**Resumen de coincidencias**

**27 %**

Se están viendo fuentes estándar

Ver Fuentes en inglés (Beta)

**Coincidencias**

1	Entregado a Universida...	15 %
2	studylib.es	1 %
3	twenergy.com	1 %
4	electronoticias-cocle.bl...	1 %
5	Entregado a Universida...	1 %
6	www.ipax.gob.mx	1 %
7	reliabilityweb.com	1 %
8	clip.org.pe	1 %

ES 11:31 a.m. 16/12/2019

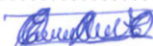
## Autorización de publicación de tesis repositorio institucional

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código: F08-PP-PR-02.02 Versión: 09 Fecha: 23-03-2018 Página: 1 de 1
---	---	---

Yo ELVIS GROVER MORETO LA TORRE, identificado con DNI N°46749119, egresado de la Escuela Académico Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), no autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **“Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en I.E 16468 Caserío Campana San Ignacio, Cajamarca”**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, ley sobre Derecho de Autor, art.23 y art.33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



FIRMA

DNI: 46749119

FECHA: 9 de diciembre de 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	-------------------------------	--------	--------------------------------------	--------	---------------------------------------



## Autorización de la Versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ALA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE REPRESENTA:  
MORETO LA TORRE ELVIS GROVER

INFORME TITULADO:

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN I-E 16468 CASERÍO CAMPANA SAN IGNACIO, CAJAMARCA

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: ...28 DE JUNIO DE 2019...

NOTA O MENCIÓN: ...APROBADO POR MAYORÍA...

